

## Kan alla tak bli gröna tak?

- Uppbyggnad av växtbäddar för anläggande av gröna tak

Can all roofs become green roofs?

- The structure of plant beds for the construction of green roofs

Anna Angelin



## **Kan alla tak bli gröna tak?**

- Uppbyggnad av växtbäddar för anläggande av gröna tak

Can all roofs become green roofs?

- The structure of plant beds for the construction of green roofs

Anna Angelin

**Handledare:** Åsa Bensch, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

**Examinator:** Mats Gyllin, SLU, Institutionen för arbetsvetenskap, ekonomi och miljöpsykologi

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** G2E

**Kurstitel:** Kandidatexamensarbete i Landskapsarkitektur

**Kurskod:** EX0649

**Ämne:** Landskapsarkitektur

**Program:** Landskapsarkitekturprogrammet

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2017

**Omslagsbild:** Anna Angelin

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Gröna tak. Intensivt grönt tak. Extensivt grönt tak. Växtbädd.

# Förord

Detta arbete har skrivits i samband med kandidatexamensarbetet i landskapsarkitektur, vilket motsvarar 15 högskolepoäng.

Arbetet behandlar konstruktionen av gröna tak samt förutsättningar för att omvandla traditionella tak till gröna tak.

Jag vill passa på och tacka min handledare Åsa Bensch.  
Du stod ut med alla frågor jag ställde, stora som små.  
Utan dig vet jag inte var detta arbetet hade börjat eller slutat.

Jag vill även tacka Patrick Bellan för rundvandringen på Stångbyplantskola samt tålamodet med alla mina frågor.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Anna Angelin'.

Anna Angelin  
Alnarp, 2017-05-23

# Sammanfattning

Syftet med detta arbete var att beskriva hur gröna tak konstrueras, med fokus på växtbädden, samt förutsättningarna för att kunna omvandla befintliga och nya traditionella tak till gröna tak. Arbetet har byggt på frågeställningarna: Hur konstrueras växtbäddar till gröna tak? och Vad är förutsättningarna för att tak ska kunna bli gröna tak?

För att uppnå syftet och besvara frågeställningarna har litteraturstudier utförts med både inhemskt och utländskt material. Materialet har utgått från referensverk, handböcker samt instruktioner från företag inom gröna tak branschen. Arbetet har dessutom resulterat i egen gjorda ritningar av växtbäddar.

Resultatet visade att växtbäddens konstruktion berodde mycket på det önskade slutresultatet samt de begränsningar som kan uppstå med varje enskilt projekt. Det viktiga med växtbäddarna var att se till att vegetationens behov uppfylldes samt att beståndsdelarna valdes efter syftet med det önskade slutresultatet. Om det önskades att transformera ett befintligt traditionellt tak till ett grönt tak var förutsättningarna väsentliga. Byggnadens lastförmåga samt dess lutning påverkar både om det är möjligt att omvandla taket och i sådant fall till vad. Däremot om en planerad ny byggnad ska kompletteras med ett grönt tak ligger vikten i kommunikation. Visionen av det gröna takets slutresultat måste påverka hela byggnaden inte enbart den gröna konstruktionen.

# Abstract

The aim of this study was to describe how green roofs are constructed, with focus on the plant beds, and the circumstances influencing the potential transformation of existing and new traditional roofs into green roofs. The study has been built on following questions: How is the structure of plant beds on green roofs constructed? and What are the requirements for transforming a traditional roof into a green roof?

To obtain the aim of this study and respond to the questions a literature review has been conducted with both domestic and foreign sources. The material has consisted of work of reference, manuals and instructions from companies in the green roof industry. This study has also resulted in plant bed drawings.

The result of this study showed that the construction of the plant bed structure depended on the desired finish product and the limitations that arise with every individual project. It is of great importance to specify the needs of the vegetation and to make sure that all the components are chosen with consideration to the vegetation. It was shown that the pre-conditions of the existing buildings are essential for transforming a traditional roof into a green roof. The buildings load capacity and the tilt of the roof have an impact on the possibility to create green roofs, and if so which options are most suitable. However, if a new building under the planning stage is to be complemented with a green roof the stakes lie in the communication. The vision of the result has to influence the construction of the whole building not solely the green construction.

# Innehållsförteckning

Sammanfattning

Abstract

Förord

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Mål och syfte.....	1
1.3 Frågeställningar.....	2
1.4 Material och metod .....	2
1.5 Avgränsning .....	2
2 Varför gröna tak? .....	3
2.1 Grönska i staden.....	3
2.2 Grönska för hälsan och handeln.....	4
2.3 Poängsätta grönska.....	4
3 Vad är gröna tak? .....	6
3.1 Extensiva gröna tak.....	6
3.2 Semi-intensiva gröna tak.....	7
3.3 Intensiva gröna tak .....	7
4 Hur konstrueras gröna tak? .....	9
4.1 Uppbyggnad av gröna tak .....	9
4.2 Växtbäddens växtjord .....	11
4.3 Dränering .....	15
5 Tjocklekar och tyngder hos olika växtbäddar .....	17
5.1 Växtbäddarnas djup .....	17
5.2 Laster.....	20
5.3 Lutande tak.....	22
5.4 Väderförhållanden.....	24
5.5 Förankring.....	25
6 Reflektion och slutsats .....	27
6.1 Metodreflektion.....	27
6.2 Slutsats .....	27
Källförteckning.....	30
Foto och illustrationer .....	32

Bilaga 1 – Temperaturskillnader på tak

Bilaga 2 – Skillnad i dräneringsmaterial

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

### Förändring i klimatet

Växthuseffekten och den globala uppvärmningen är något många är bekanta med. Den naturliga växthuseffekten är anledningen till liv på jorden och att jorden har den temperatur den har idag. Enligt Naturskyddsföreningen (2017) hade jorden varit ungefär 30 grader kallare utan den naturliga växthuseffekten. Jorden har alltid genomgått klimatförändringar men den globala uppvärmning som vi utsätts för idag förändrar klimatet i sådan takt att jordens ekosystem inte riktigt hinner med (Naturskyddsföreningen 2016). Människan och industrialiseringen har varit den stora orsaken till detta. Förbränning av fossila bränslen, skogsavverkning och jordbruksindustrin är alla ”människliga” faktorer (Naturskyddsföreningen 2017). Naturskyddsföreningen (2016) hävdar att den globala uppvärmningen kommer att orsaka kraftigare nederbörd, extrem torka, högre havsnivåhöjning och försämra den biologiska mångfalden.

Som sagt är en konsekvens av den globala uppvärmningen att jorden kommer att få mer regn i framtiden. SMHI (2017) förväntar sig att skyfallen kommer att inträffa oftare och med mellan 10 och 15 procent högre intensitet än tidigare. Återkomsten av 20-årsregn kommer bli vanligare med ett intervall på 6 till 10 år under sommaren och 2 till 4 år under vintern (SMHI 2017). Det stora problemet med hanteringen av dessa ökade vattensamlingar ser vi i den urbana stadsmiljön. Liu, Chen och Peng (2014, s.6) beskriver att ogenomträngliga hårdgjorda ytor såsom vägar, parkeringsplatser och traditionella tak hindrar vattnet att infiltrera ytan och att dagvattenhanteringen inte klarar mängden regnvatten som inte kan infiltreras på den ytan där regnet faller. Samma författare menar att detta kan leda till farliga översvämningar där människor, bebyggelse och infrastruktur tar skada. Författarna anser att en satsning på grön infrastruktur kan vara en ekonomisk och ekologisk lösning för vattenmängderna som den traditionella dagvattenhanteringen inte klarar av. Liu, Chen och Peng (2014, s.7) beskriver även att gröna tak är det effektivare alternativet till det traditionella dagvattensystemet då gröna tak kan minska flödets hastighet ner till marken med 30 till 78 procent jämfört med traditionella tak.

Jag har själv ett stort intresse för gröna tak efter att jag, som liten, besökte ett sådant på Warszawas Universitetsbibliotek i Polen. För mig var upplevelsen och gestaltningen det viktiga med gröna tak men med årens gång har förståelsen för klimatförändringar vuxit. Gröna tak är inte enbart ett vackert inslag i staden utan de kan bidra med mycket mer, vilket Liu, Chen och Peng (2014, s.7) påtalar, men hur den konstruerade grönytan inom den urbana miljön fungerar beror på hur vi bygger den. Avrinningen från gröna tak påverkas av hur de är konstruerade, hur tjocka de är och vilken vegetation det finns som kan bromsa avrinningen. Vi måste ha kunskap om dessa konstruktioner om vi ska kunna gestalta gröna tak, vilket leder till frågeställningarna...

## 1.2 Mål och syfte

Syftet är att beskriva hur gröna tak konstrueras och de krav växtligheten har på sin växtbädd. Detta för att få större förståelse för vilka begränsningar som finns vid gestaltning av gröna tak.

Målet med arbetet är att redovisa förutsättningarna för att kunna 1) omvandla befintliga traditionella tak till gröna tak, och 2) anlägga gröna tak i samband med nybyggnation.

### 1.3 Frågeställningar

- Hur konstrueras växtbäddar till gröna tak?
- Vad är förutsättningarna för att tak ska kunna bli gröna tak?

### 1.4 Material och metod

Arbetet bygger främst på litteraturstudier. Litteraturstudierna har baserats på material från såväl böcker som publikationer från databaser. Databaser som Primo, Google, Libris kb och andra databaser vid SLU:s bibliotek. För ökad förståelse för konstruktion av gröna tak ingår det i studien böcker om amerikanska gröna takkonstruktioner, svensk grönatakhandbok samt utländska referensverk. Genom att bearbeta både svenskt och utländskt material ska det bidra med en bredare förståelse för gröna taks konstruktion samt jämföra olika länders sätt att arbeta. Fokus ligger på svenska och amerikanska konstruktioner men uteslöt inte material från andra världsdelar. Utifrån de olika källorna har egna ritningar i AutoCAD skapats för att omsätta och sammanställa insamlad information. Detta för att lättare kommunicera de dimensioner som tas upp under arbetets gång.

Växtrådgivare från plantskola har kontaktats för intervju, med syftet att få större förståelse för de krav växterna kan ställa på växtbäddarna samt hur olika växters rotsystem påverkar anläggandet. Denna intervju användes även för diskussion av de frågor och tankar som uppstod under litteraturstudierna.

### 1.5 Avgränsning

Detta arbete avgränsas till den växtbädd som växten kräver för att överleva och utvecklas. Fokus ligger inte på de bärande konstruktionerna, så som isolering och tätskikt, då landskapsarkitekter sällan projekterar dessa delar. Arbetet kommer inte att gå in på vilka specifika växtarter som fungerar för gröna tak.



## 2 Varför gröna tak?

### 2.1 Grönska i staden

Enligt Boverkets (2016) prognos påbörjades byggnationen av 64 000 bostäder år 2016 och år 2017 förväntas det byggas 67 000 bostäder i Sverige. I *Så förtätar vi Malmö!* redovisar Malmö stad (2010, s.4) förtätning som ett alternativ för ökat antal bostäder och Malmö stad ser förtätning som en motreaktion på det så kallade *urban sprawl*, en utglesning av storstäderna genom att dessa brer ut sig i landskapet. Med hjälp av förtätning ska det gå att motverka utsläpp, barriäreffekter och exploatering av värdefull natur såsom jordbruksmarken (Malmö stad 2010, s.5). Att bevara jordbruksmarken är ett aktuellt ämne speciellt i södra Sverige. Här finns den bästa jordbruksmarken i Sverige och därför ligger det stort ansvar i att skydda den. Förtätning kan därmed anses som det bästa alternativet vid nybyggnation i dessa delar av Sverige.

Frågan är hur och var staden bestämmer sig för att förtäta. Om det urbana landskapet förtätas stiger markpriserna vilket slutligen resulterar i att bara ett fåtal innerstadsparker realiserar, och då enbart i fickparkstorlek (Fassbinder 2011). Weiler och Scholz-Barth (2009, s.6) formulerar det som händer som att vi med farligt hög fart bebygger grönområdena i våra städer. Moström och Svanström (2015, s.1) redovisar att Sveriges alla 10 största städers grönyta minskat med 0.6–1.5 procent mellan år 2000 och 2005 och enligt Jansson (2013, s.15) är problemet en svag lagstiftning och brist på kunskap angående våra grönytors betydelse. Med detta sagt finns risken att vi förlorar vår urbana skog när vi bevarar den rurala.

”Storstäder är främmande kroppar i den organiska världen.  
De är i grund och botten klippiga ökenzoner med extra stora  
värmeutsöndringar på grund av onaturlig import av energi.”

(Fassbinder 2011)

Detta citat är ett bra sätt att påminna sig om städernas faktiska påverkan på planeten. Utan grönska blir detta extrema påstående inte långt från sanning. Städerna är hårdgjorda miljöer som har stor påverkan på klimatet och skapar i dagsläget flera påfrestningar på vår miljö. Klimatförändringar, global befolkningsexplosion, koldioxidutsläpp och minskning av naturresurser samt biologisk mångfald är bara några exempel (Fassbinder 2011). Med hjälp av vegetation i städerna anser Jansson (2013, s.32) att det är möjligt att reducera luftföroreningar och minska de farliga luftburna partiklarna från transport och industri.

*Urban heat island effect*, som uppstår i miljöer med otillräcklig grönyta i relation till stadens reflekterande material, kan förebyggas med hjälp av grönyta som jämnar ut temperaturen lokalt (Jansson 2013 s.34). Weiler & Scholz-Barth (2009, s.6) påtalar att traditionella och mörka hårdgjorda tak absorberar solstrålning vilket gör dem väldigt varma för att senare under natten skingra värmen ut i luften med konsekvensen att det värmer upp planeten. Samma författare redovisar att den stora skillnaden mellan olika takskikt kan bli upp till 15°C på taket och 10°C inomhus, se bilaga 1. Enligt Pettersson Skog, Malmberg, Emilsson, Jägerhök och Capener (2017, s.16) är gröna tak ett inslag i den urbana miljön som kan skapa ett positivt stadsklimat med ökad luftfuktighet och sänkt temperatur som påverkas av avdunstning, transpiration och reflektering av solstrålning. Med grönska nära bebyggelsen

kan vi minska behovet av energislösande apparater som luftkonditionering (Jansson 2013 s. 34).

## 2.2 Grönska för hälsan och handeln

Grönska i den urbana miljön har inte enbart påverkan på klimatet i städerna utan påverkar även människors hälsa och ekonomiska värden. Med grönytor skapas möjligheter att komma bort från det hektiska livet i den urbana miljön och flera utvecklar bättre koncentrationsförmåga och upplever minskad stress vid vistelse i eller med utsikt mot grönska (Jansson 2013 s.21). Weiler och Scholz-Barth (2009, s.65) menar att boende med vy över eller koppling till grönområde påverkas positivt speciellt vid sjukhus, återhämningsplatser och vid rehabiliteringsträdgårdar.

Grönytor är ofta gratis att besöka och tillgängliga mötesplatser som kan motverka klyftor, bidra med social interaktion samt öppna upp för möten nära butiker som kan bidra till handeln och hjälpa handeln att växa (Jansson 2013, ss.18,27). Jansson redovisar att kunderna på dessa platser är villiga att betala 10 procent högre pris än vanligt. Detta gäller även fastighetspriserna där bostäder vid attraktiva parker kan höja bostadspriset upp till 20 procent, vilket kan vara i relation till att det är viktigt för individen att ha nära till grönområde vilket underlättar att hitta sin favoritplats som påverkar den mentala hälsan positivt (Jansson 2013 ss.19,21–22).

## 2.3 Poängsätta grönska

Det finns alltså flera anledningar till varför det behövs grönytor i våra städer men hur ska vi se till att dessa värden bevaras och/eller uppfylls vid förtätning och nybyggnationer? I USA och Storbritannien används certifieringssystem LEED respektive BREEAM medan i Sverige används, sedan bomässan Bo01 i Malmö 2001 Grönytefaktorn, även kallat GYF, som till skillnad från certifieringssystemen inte är ett fastställt system utan ett tolkningsbart mätinstrument (Pettersson Skog et al. 2017, ss.10–11). GYF härstammar från 1990-talet i Berlin, Tyskland, och är ett begrepp som kan tolkas på olika sätt (Gard 2012 s.14). Pettersson Skog et al. (2017, s.11) förklarar GYF som ett planeringsredskap för att beräkna en bebyggd miljöes vegetation- och vattenmängd medan Boverket (2010, s.58) beskrev GYFs syfte med "[...] att få exploitörer att minimera hårdgjorda ytor, öka mångfalden m.m.". Med hjälp av GYF kan beställare, konstruktörer och arkitekter få kontroll över hur mycket av en tomt som är hårdgjord yta respektive grönyta. Om de får ett tal på mängden grönyta kan det kanske bli lättare att argumentera för dem eftersom det mesta idag mäts i siffror och termer, så som vinst, förlust och avkastning.

Bomässan Bo01 skulle vara ett föredöme och en vision för en ekologiskt hållbar stadsdel där GYF användes som planeringsverktyg (Gard 2012, s.15). Enligt Gard kunde Malmö stad ställa krav på byggherrarna med hjälp av att fastställa minimum-medelvärde, så som 0.5 för bostadsområden, 0.45 vid blandad bebyggelse och 0.3 för handel- och kontorsområden. Hon förklarar att dessa tal skulle uppnås genom att varje ekoeffektiv yta fick ett värde mellan 0.0 och 1.0, där 1.0 representerade en bra vegetations- eller dagvattenhanteringsyta. Öppna grönytor och gröna tak var det som gav bland de högsta talen, 1.0 respektive 0.8, medan täta, traditionella tak gav ett lågt tal 0.0 (Gard 2012, s.25). Gard (2012, s.15) tillägger att växtbäddarnas tjocklek och konstruktion samt olika tilläggsfaktorer har stor betydelse för det slutliga värdet. Genom att slå samman alla värden gick det att räkna ut fastighetens GYF

poängkvot genom att dividera fastighetens totala ekoeffektiva yta med fastighetens totala yta (Pettersson Skog et al. 2017, s.11).

Gard (2012, s.21) anser att GYF kan bli en kvalitetsstämpel då grönskan genererar ekonomiska, sociala och ekologiska värden. Enligt Gard (2012, s.17) tänker Malmö fortsätta använda GYF som redskap. Om städer som Malmö, och andra som inspireras, kommer fortsätta nyttja GYF kan detta bli ett viktigt verktyg för fastighetsägare, arkitekter och andra intressenter. Det är däremot viktigt att komma ihåg att GYF är ett mätinstrument inte ett certifieringssystem och kan därmed omformuleras inför varje projekt (Pettersson Skog et al. 2017, s.11). Det blir viktigt att uppnå målet med GYF, men på ett sådant sätt som inte riskerar att det missbrukas.

Med det som beskrivits i detta kapitel i åtanke uppstår en förståelse för vikten av grönska i den urbana miljön, men vi måste som Fassbinder (2011) skriver i *Se staden som natur*, förändra och gestalta utifrån ett nytt perspektiv. Vi kan exempelvis utnyttja flera ytor som i dagsläget är hårdgjorda och ta mycket yta i anspråk, som tak, fasader, gator och vägar (Fassbinder 2011). Så varför inte lyfta blicken och göra parker av våra tak...

### 3 Vad är gröna tak?

Pettersson Skog et al. (2017, s.7) definierar gröna tak som ”överbyggnad för vegetation på bjälklag”. Enligt Peck och Kuhn (2003, s.4) konstrueras ett grönt tak genom att anlägga en växtbädd med växter ovanpå ett traditionellt tak, ett grönt tak ska inte förväxlas med en takträdgård med växter i krukor eller liknande.

Den tyska guiden Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, FLL<sup>1</sup> (2002, s.12) anger att det finns tre typer av gröna tak: Extensivt, semi-intensivt och intensivt. Det framgår i guiden att typen av grönt tak beror på användningen och konstruktionen. I *Green roof systems: a guide to the planning, design and construction of landscapes over structure* uttrycker Weiler och Scholz-Barth (2009, s.8) en misstro till indelningen i de tre typerna. Weiler och Scholz-Barth anser att typerna inte reflekterar de gröna takens syfte och användning samt klargör inte design och skötselkrav. Detta är svårt att utgå ifrån eftersom det inte finns några bestämda regler över hur olika typer av grönt tak ska se ut, det finns de som anser att djupet är avgörande andra tycker att det är skötseln. Weiler och Scholz-Barth (2009, s. 9) anser att man ska använda uttryck som *living green roof*, levande grönt tak, och *landscape over structure*, landskap över struktur. Författarna anser att det är bestämda mått på växtbäddens djup som delar upp taken i dessa två kategorier. I detta arbete definieras och delas gröna tak upp enligt de tre förstnämnda typerna extensiva, semi-intensiva och intensiva. Detta eftersom det är med få undantag som de inte används och det är de uttrycken som används i flera europeiska förhållanden.

#### 3.1 Extensiva gröna tak

I FLL (2002, s. 12) beskrivs extensiva gröna tak som ett mindre kostsamt alternativ med nästan ingen skötsel. Guiden anser att med korrekt växtval ska vegetationen i princip klara sig själv med spridning och rekommenderar exempelvis sedum, mossor, örter och gräs.

Det finns olika rekommendationer för djup av växtbädd på gröna tak. För extensiva tak anser Emilsson (2005, s.9) att djupet kan pendla mellan några centimeter upp mot 25 cm, medan *Green roof technology* (2017b) och *Groundwork Sheffield* (2011, s.7) skriver att växtbädden ska vara mindre än 15 respektive 10 cm. Vad som är genomgående för siffrorna är att det är en grund växtbädd vilket resulterar i låg last (*Groundwork Sheffield* 2011, s.7). Den låga lasten gör extensiva tak fördelaktiga ur byggnadsperspektiv och kan installeras på flera befintliga byggnader utan för dyra ombyggnationer (Emilsson 2005, s.9). Ett extensivt tak är dessutom idealt för hantering av dagvatten vid skyfall (*Green roof technology* 2017a).

Peck och Kuhn (2003, s.4) påpekar att ett extensivt grönt tak kräver tåliga växter eftersom klimatet kan bli likt en öken. Emilsson (2005, s.9) anser att det är viktigt att se växterna som ett helt system och inte individuella plantor. Suckulenter, sedum, lågt gräs samt örtväxter är exempel på passade växter till extensiva tak, se figur 1 (*Groundwork Sheffield* 2011, s.7; *Green roof technology* 2017a). Detta kan resultera i låg skötselkostnad i och med lågt skötselbehov utan permanent bevattningssystem (Emilsson 2005, s.9; *Green roof technology*

---

<sup>1</sup> En tysk organisation som har sedan 1984 publicerat riktlinjer och principer för bygge av gröna tak. De används som referens vid jämförelse och är för tillfället det enda tillgängliga referensverket. (Emilsson, 2005 s. 10)

2017a; Groundwork Sheffield 2011, s.7; Peck & Kuhn 2003, s.4), vilket kan anses vara de främsta ledorden för extensiva gröna tak.



Figur 1. Sedum är en vanlig syn på extensiva tak.  
(Wikimedia Commons [online] sökord: Green roof, [2017-05-02]. Foto: Sky Garden Ltd, 2010-11-02, CC BY-SA)



Figur 2. De är möjligt att ha prydnadsgräs på Emporias semi-intensiva tak i Malmö.  
(Foto: Landskapsgruppen Öresund [2017-04-21])

### 3.2 Semi-intensiva gröna tak

FLL (2002, s.12) beskriver semi-intensiva gröna tak som en enklare version av ett intensivt grönt tak. Guiden anser att ett semi-intensivt tak inte har samma stora utbud av växter som ett intensivt och kostar mindre att konstruera.

Det finns även vid semi-intensiva tak olika rekommendationer för djup av växtbäddar. Måttet för semi-intensiva tak är mellan 10 och 30 cm (Emilsson 2005, s.9; Groundwork Sheffield 2011, s.7; Green roof technology 2017b; Zimmermann red. 2009, s. 458). Det finns också olika åsikter om vad ett semi-intensivt tak kan användas till. Groundwork Sheffield (2011, s.7) betraktar ett semi-intensivt tak som ett tak med egenskaper från både extensiva och intensiva gröna tak. Detta gör det möjligt att använda ett semi-intensivt tak för en mer naturlig design (Emilsson 2005, s.9), i motsats till det extensiva, eller för en *formal garden* effect, en trädgård med klar struktur, geometri och symmetri, (Green roof technology 2017d) som gränsar till ett intensivt grönt tak.

Ett semi-intensivt tak erbjuder ett större utbud växter än ett extensivt (Groundwork Sheffield 2011, s. 7), dvs de växter som extensiva tak kan erbjuda samt låga, vedartade och lite mer krävande buskar, se figur 2 (Zimmermann red. 2009, s. 458). I *The GRO green roof code* (Groundwork Sheffield 2011, s.7) beskrivs hur valet av växter påverkar om bevattningssystem kommer att vara ett behov och hur intensiv skötseln kommer att vara. Det är däremot antytt att ett semi-intensivt tak kommer behöva mindre skötsel än ett intensivt grönt tak (Emilsson 2005, s.9).

### 3.3 Intensiva gröna tak

Ett grönt tak med buskage, gräsmattor och enstaka träd som kräver reguljär skötsel och speciellt bevattningssystem går under namnet intensivt grönt tak enligt FLL (2002, s. 9).

Ett intensivt grönt tak är det gröna tak med störst intervall i djup av växtbädd. Det lägsta djupet är minst 15 till 20 cm (Emilsson 2005, s.9; Groundwork Sheffield 2011, s.7; Green roof technology 2017b). Detta gör att ett intensivt tak kan likna ett semi-intensivt tak vid de

lägre måtten men ett intensivt tak har inte samma maximum gräns på 30 cm som ett semi-intensivt tak har.

Till skillnad från växter på ett extensivt grönt tak som ska ses som ett helt system, anser Emilsson (2005, s.9) att växter på ett intensivt grönt tak ska skildras som individuella plantor, som är individuellt omhändertagna, organiserade och med egen skötsel. Emilsson jämför i sin doktorsavhandling ett intensivt tak med en normal husträdgård. Enligt Zimmermann red. (2009, s. 458) finns det ingen gräns för vad som kan planteras på ett intensivt grönt tak. Förutom de redan nämnda växterna från extensiva och semi-intensiva tak anser Zimmermann att ett intensivt grönt tak klarar större buskar, små träd och gräsmatta, se figur 3 och 4. Om arbetet med dessa växter ska ske på individuell nivå kommer skötseln av de gröna taken att bli mer krävande och tillgång till ett avancerat bevattningssystem oundvikligt (Green roof technology 2017c).



Figur 3. Ett träd beklätt intensivt tak i Fukuoka, Japan. (Flickr [online] sökord: ACROS Fukuoka, [2017-05-02]. Foto: Kenta Mabuchi, 2011-07-10, CC BY-SA 2.0)



Figur 4. Ett intensivt tak med buskage, fältskikt samt klättrväxter på Universitetsbibliotek i Warszawa, Polen. (Foto: Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent [2016-06-15])

De tre typerna av gröna tak kan vara vägledande i diskussion och förenkling av visionen som ska genomföras vid konstruktionen av ett grönt tak. De ger en bild av vilket växtval som kan förekomma och vilka krav som kan sättas på skötseln. Däremot ger dessa termer inte någon djupgående information om hur själva växtbädden är uppbyggd eller vad som krävs av växtbädden. Därför lämnas nu ämnena växtval och skötsel för att i kommande kapitel gå djupare in på själva konstruktionen av växtbädden och förutsättningarna de tre typerna av gröna tak kräver.

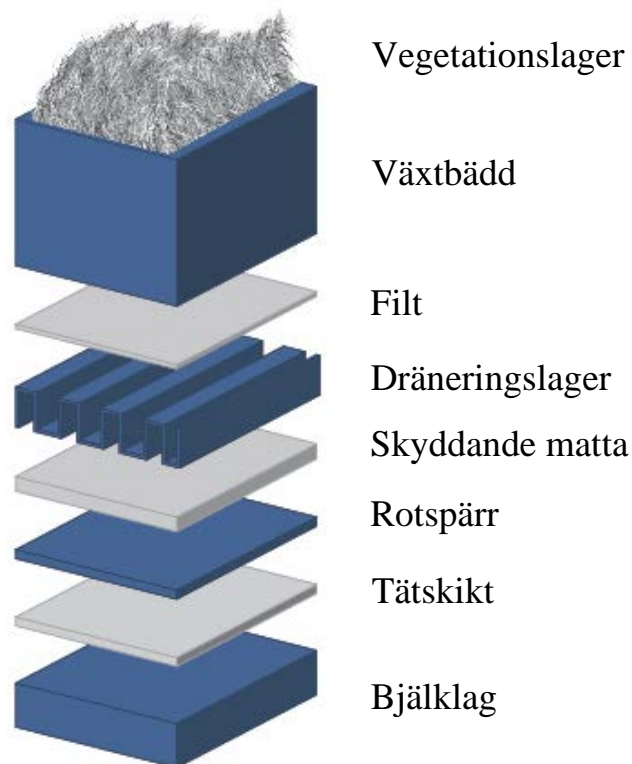


## 4 Hur konstrueras gröna tak?

För att kunna underlätta framtida arbete med konstruktionen av ett grönt tak kan det hjälpa att redan i designskedet komma fram till den tänkta användningen av den gröna ytan. Guiden *Growing green guide* (2014, s.41) anser att om konstruktören eller arkitekten kan identifiera vilket sorts grönt tak kunden vill ha som slutresultat så kommer det att ha stor påverkan på konstruktionen. Samma guide tar upp följande exempel: Om det önskas ett lätt grönt tak för den bärande konstruktionen kan fokus läggas på att välja rätt substrat, eller om takets syfte är att reducera avrinning av regnvatten kan växtbäddsdjupet utökas eller använda ett substrat med hög vattenhållande kapacitet. Det är dessutom viktigt att komma ihåg att olika projekt som utgår från dynamiska element som landskap inte kommer att få samma resultat (Weiler & Scholz-Barth, 2009, s.123). Vad detta säger är att det är viktigt att börja med slutresultatet för att sedan backa upp till start samt tänka på att förutsättningarna kommer vara olika för var plats vilket gör att det kan bli svårt att skapa färdiga mallar.

### 4.1 Uppbyggnad av gröna tak

Ett grönt tak byggs upp av följande komponenter: Vegetationslager, växtbädd, filt, dräneringslager, skyddande matta, rotspärr, tätskikt och avslutas med takets bjälklag, se figur 5 (FLL, 2002, s. 33, Pettersson Skog et al. 2017, s.7, State of Victoria 2014, s. 67).



Figur 5. Lageruppbyggnad av ett grönt tak.  
(Illustration: Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent 2017-05-21)

## Vegetationslager

Det översta lagret är vegetationslagret där alla växter ovan växtbäddens yta finns. Beroende på designen av taket kan det exempelvis vara sedum, buskar eller träd. Enligt Growing Green Guide (2014, s.74) kan dessa planteras som pluggplantor och krukplantor, frösås eller läggas som färdigproducerade mattor.

## Växtbädd

I detta lager planteras växten i det substrat som den behöver för att utvecklas. Lagret ska bistå växten med vatten, luft och fast material (Pettersson Skog et al. 2017, s.38). Enligt FLL (2002, s.33) kommer detta lager att ge växten de fysiska, kemiska och biologiska grundläggande komponenterna som den kommer att behöva. Det är viktigt att växtbädden förblir stabil under årens gång, och därför kommer den behöva bestå av mycket minerogent och lite organiskt material (State of Victoria 2014, s.73). Lagret kan innehålla ett eller flera substrat beroende på vad som är syftet med växtbädden samt vilken vegetation som ska planteras (Pettersson Skog et al. 2017, s.38). För att finna rätt balans i jordlagret är det av stor vikt att få ett fritt flöde av vatten genom lagret (State of Victoria 2014, s.73). Det valda substratet måste kunna absorbera vatten, utan att skada vegetationen, leda vattnet vidare ner mot nästkommande lager samt se till att det finns tillräckligt med luft vid maximal vattenhållning (FLL, 2002, s.33).

Detta lager kommer att beskrivas mer utförligt senare i arbetet.

## Filt

FLL (2002, s.33) bedömer att filten ska användas mellan växtbädden och dräneringslagret för att förhindra att finjord och substrat sköljs ner i dräneringslagret och täpper igen viktiga utlopp. Materialet som används i lagret kan vara både vävt eller icke vävt, men icke vävt material anses fördelaktigt då det är mer resistent mot rotpenetration (State of Victoria 2014, s.72). Enligt guiden framgår det att geotextil är något som vanligtvis används.

## Dräneringslager

Vattnet som runnit genom växtbädden och filten hamnar i detta lager, dräneringslagret. FLL (2002, s.33) bedömer att detta lager måste vara av tillräcklig storlek för att kunna ta emot det överflöd av vatten som inte stannat i tidigare lager. FLL skriver även att vattnet som når hit kan, beroende på mängd, sparas i en reservoar eller ledas vidare till ett avlopp. Enligt State of Victoria (2014, s.72) är det kritiskt att ha ett bra dräneringslager eftersom för mycket vatten i växtbädden kan leda till syrebrist och att substratet blir vattenmättat.

Detta lager kommer att beskrivas mer utförligt senare i arbetet.

## Skyddande matta

Under dräneringslagret ligger det lager som ska skydda underliggande lager under byggandet av det gröna taket (State of Victoria 2014, s.71). I guiden framgår att lagret är vattengenomträngande, slitstarkt, av tät, syntetisk fiber, polyester eller termoplast samt att lagret installeras direkt på tätskiktet eller rotspärren. I guiden nämns även att lagret kan vara mellan 3 mm och 20 mm och, beroende på vilket material som valts, kan ha en vattenhållande förmåga mellan 3 l/m<sup>2</sup> och 12 l/m<sup>2</sup>. Beroende på vilket material som använts finns det möjlighet att använda detta lager som en extra rotspärr (FLL 2002, s.33). Om det framgår i ritningar att rotspärr ej ska ingå i konstruktionen och ersätts med enbart detta lager är det av



stor vikt att kontrollera att den skyddande mattan uppfyller de krav som ställs på traditionella rotspärar.

## Rotspär

Rotspärren är till för att vegetationens rötter inte ska kunna skada de lager samt husdelar som finns under det (FLL 2002, s. 33). Rotspärren är vanligtvis ett tunt etenplasttäck som klarar av organisk syra från plantor som bryts ner, men i vissa fall kan det behövas ett tjockare lager om vegetationen ovan det är ett träd eller något med starka rötter som bambu (State of Victoria 2014, s.71).

## Tätskikt

Enligt Peck och Kuhn (2003, s.12) är detta den viktigaste komponenten i byggandet av ett grönt tak. Det är kritiskt att etablera ett fungerande tätskikt för att kunna få ett framgångsrikt grönt tak (State of Victoria 2014, s.69). Trots att övre lager kan absorbera eller dränera bort regnvatten kan det ske läckage eller större skyfall som dräneringen inte klarar av vilket leder till översvämningar (Peck & Kuhn 2003, s.13). Därför anser Peck och Kuhn att det är viktigt med detta lager som skyddar den bärande konstruktionen under. I *Growing Green Guide* (State of Victoria 2014, s.69) måste materialet som används vara starkt samt kunna utstå fysisk- och värmeexpansion. I guiden nämns två asfalter som alternativa tätskikt. Det ena alternativet är en flytande behandling, ex bitumen och akrylfiber. Enligt guiden är detta alternativ bäst för de gröna tak där vegetationen inte täcker hela taket eller om det finns flera uppbrott för ventilationer och liknande. Det andra alternativet som skildras i guiden är färdiga täcken. Dessa täcken kan vara asfaltsbaserade eller av härdade polymerer. Guiden rekommenderar detta alternativ för gröna tak med obrutna grönytor samt vid tak med en låg lutning.

## Bjälklag

Det nedersta lagret är taket på den byggnad där det gröna taket ska etableras. Taket kan vara av exempelvis metall, trä eller det mest förekommande, betong (State of Victoria 2014, s.68). Författarna anser att det är svårare att försäkra sig om ett stabilt grönt tak om annat material än betong eller metall används.

## 4.2 Växtbäddens växtjord

Växtbädden är det lager som bistår växten med grundläggande behov som vatten, luft och fast material.

Eftersom gröna tak är en artificiell miljö är det av yttersta vikt att dessa grundläggande behov tillgodoses och enklast hade detta genomförts genom att använda vanlig växtjord som växer trivs bäst i (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.166). Dessvärre är vanlig växtjord inget alternativ för att skapa fungerande växtbäddar inom den bygghöjd och last som bebyggelsens tillåter (Pettersson Skog et al. 2017, s.41). Weiler och Scholz-Barth (2009, s.166) menar att naturlig jord kommer att vara svår att kontrollera i kornstorlek vilket kan leda till att den blir kompakt vilket i sin tur leder till ökad risk för stående vatten. Författarna skriver även att med den andel organiskt material som finns i vanlig växtjord finns det risk för sättningar och skillnad i växtbäddsdjup allt eftersom det organiska materialet bryts ner. Frågan blir därför vad kan vi ersätta vanlig växtjord med?

I *Växtbädd och vegetation* (Pettersson Skog et al. 2017, s.35) redovisas tre olika kategorier av material som kan ersätta vanlig växtjord. Författarna tar upp kategorierna tillsatsmaterial, tillverkad jord och organiskt material. Exempel på tillsatsmaterial som beskrivs är tegelkross, pimpsten, scoria, biokol och leca, alla med potentialen att fördela lasten, reglera vatten- och lufthållande förmågan av betydelse för genomsläppligheten. Pettersson Skog et al. (2017, s.35) berättar att grus, sand, silt och lera är komponenter i tillverkad jord som har samma potential som tillsatsmaterialet samt en näringshållande förmåga. Enligt författarna kan organiskt material vara exempelvis kompost, torv och kokosfiber. Dessa material ska enligt författarna bidra med näring och mikroliv till växtbädden samt struktur och lufthållande egenskaper.

## Tillsatsmaterial

Tillsatsmaterial, även kallat lättviktssubstrat (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.167), kan förändra bäddens egenskaper, som vattenhållandeförmåga, och tillföra vad vanlig växtjord inte kan samt minska på lasten med sin porösa uppbyggnad (Pettersson Skog et al. 2017, s. 35). Om det önskas att använda naturlig jord finns möjligheten att enbart tillsätta lättviktssubstrat och skapa en mix (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.167). Weiler och Scholz-Barth anser att det går att blanda in lera, skiffer eller leca i den naturliga jorden och på så sätt ökat porantalet och den vattenhållande förmågan.

Här följer en kort beskrivning av ett antal vanliga tillsatsmaterial.

### *Leca*

Leca, se figur 6, är resultatet av krossad värmebehandlad lera som kan erbjuda växtbädden utökad vattenhållande förmåga (Pettersson Skog et al. 2017, s. 35).



Figur 6. Tillsatsmaterialet Leca bidrar växtbädden med god vattenhållande förmåga.

(Wikimedia Commons [online] sökord: Leca, [2017-04-20]. Foto: Mexca, u.å., CC BY-SA)

### *Tegel och keramik*

För ett långlivat och återvunnet substrat kan krossad keramik som tegel och taktegel användas (State of Victoria 2014, s.128). Detta substrat är bra anpassat för gröna tak med sin goda vattenhållande kapacitet, goda struktur samt att det är lätt och erbjuder därför en relativt låg last till hela växtbädden (Pettersson Skog et al. 2017, s. 35).



Figur 7. Pimpsten, krossat vulkaniskt material, är ett sorts tillsatsmaterial. (Wikimedia Commons [online] sökord: Pumice, [2017-04-20]. Foto: Benjamint444, u.å, CC BY-SA)

### *Skiffer*

Det finns två olika sorters skiffer, expanderande skifferplattor samt lättvikts skifferaggregat (Pettersson Skog et al. 2017, s. 35). Författarna benämner skiffer som ett bra substrat för att hålla både luft och vatten, som möjligtvis kan användas av återvunnet material.

### *Pimpsten*

Pimpsten, se figur 7, är ett krossat vulkaniskt material med en porös egenskap som ger möjlighet till ökad luft- och vattenhållandeförmåga, ökad



Figur 8. Tallbark är organiskt material vilket är viktigt för vegetationens utveckling. (Pixabay [online] sökord: bark, [2017-05-20]. Foto: Slymart35, 2016-02-12, CC0)

genomsläpplighet samt minskning av substratets last (Pettersson Skog et al. 2017, s. 35).

### *Biokol*

Biokol utgörs av förkolnad biomassa och är ett näringsbuffrande tillsatsmaterial som bidrar med god vattenhållande kapacitet (Pettersson Skog et al. 2017, s. 35). Enligt författarna framställs biokol genom pyrolys, det vill säga en process där material upphettas i en miljö utan syre.

### Tillverkad jord

Enligt Pettersson Skog et al. (2017, s. 37) kan det uppstå stora skillnader beroende på vilken jordblandning som används i växtbädden. Författarna förklarar att varje jordblandning kan ha en varierande mängd ler, silt och sand. De skriver att om en jord domineras av ler eller silt resulterar det i en fukthållande jord medan om jorden domineras av sand blir resultatet en torr jord. I *Growing Green Guide* (State of Victoria 2014, s.128) rekommenderas innehållet av lera och silt att hållas under 15 procent på extensiva tak, medan på ett intensivt tak ska det hållas under 20 procent. FLL (2002, s.46) och Zimmermann (red. 2009, s.465) håller båda med om att ett intensivt tak ska ha en ler och silt halt under 20 procent i jordblandningen. Av dessa 20 procent vill FLL att lera ska hållas mellan 3 och 10 procent medan silt halten kan ligga mellan 10 och 17 procent. FLL påpekar att denna rekommendation ej gäller för extensiva tak, där 15 procent är gränsen om det extensiva taket är ett tak med flera lager. Både FLL och Zimmermann anser att ett enkelt extensivt tak, bestående av enbart ett lager i konstruktionen, ska hålla ler och silt innehållet till under 7 procent.

### Organiskt material

Organiskt material har enligt Pettersson Skog et al. (2017, s. 37) god vatten- och näringshållande förmåga, vilket gör det önskvärt i en växtbädd för vegetations utveckling. Trädgårdskompost, kokosfiber, torv och tallbark, se figur 8, är bara några exempel på olika organiska material (Pettersson Skog et al. 2017, s. 37; State of Victoria 2014, s.128). Däremot så förklarar Pettersson Skog et al. (2017, s. 37) att om en växtbädd innehåller för mycket eller enbart organiskt material riskeras det att växtbädden med åren minskar eller att det blir sättningar. Detta beror på att organiskt material bryts ner allt eftersom och minskar i mängd i växtbädden. Det är därmed viktigt att begränsa mängden organiskt material på gröna tak eftersom det är viktigt i en sådan begränsad miljö att bevara djupet av växtbädden till den mån det går. Om en växtbädd är 35 cm djup, eller mer, rekommenderar FLL (2002, s. 46) att växtbädden delas upp och att växtbäddens nedre hälft måste vara helt fri från organiskt material.

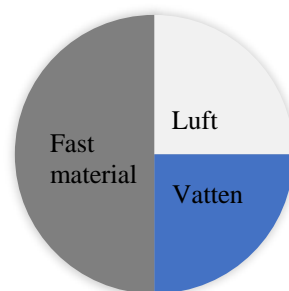
Frågan är hur mycket organiskt material det är möjligt att ha i ett grönt taks växtbädd. Enligt FLL (2002, s.49) är mängden organiskt material beroende på vilket substrat som är valt till växtbädden. FLL menar att det är nödvändigt att undersöka substratets densitet, dvs substratets last i  $\text{m}^3$ , när det är av intresse att tillsätta organiskt material till växtbädden. I FLLs rekommendationer för ett intensivt grönt tak står det att ett substrat med densitet  $\leq 0.8$  kan innehålla  $\leq 12$  procent organiskt material, medan om densiteten är  $> 0.8$  minskar det organiska materialet till 6 procent. Extensiva tak delas upp, precis som för tillverkad jord, i tak med flera lager och tak med enbart ett lager. För extensiva gröna tak med enbart ett lager rekommenderas  $\leq 4$  procent organiskt material (FLL 2002, s.49; Zimmermann red. 2009, s.465). De tak med mer än ett lager delas upp på liknande sätt som de intensiva taken. Ett extensivt tak med substrats densitet  $< 0.8$  rekommenderas ha  $< 8$  procent organiskt material, medan ett tak med substrats densitet  $> 0.8$  rekommenderas organiskt material på  $< 6$  procent (FLL 2002, s.49).

Weiler och Scholz-Barth (2009, s.168) samt Bellan<sup>2</sup> diskuterar en möjlig blandning mellan organiskt material och ett lättviktssubstrat. Ett alternativ är en växtbädd bestående av hälften pimpsten och hälften trädgårdskompost. Bellan förklarar att detta alternativ bidrar med lägst vikt, ett fungerande porsystem samt grönkomposten som ger växtbädden den näring som vegetationen behöver. När trädgårdskomposten sedan bryts ner blir förlusten inte lika kritisk då lättviktssubstratet kommer att bevaras i väntan på ny tillförsel av organiskt material.

## Porsystemet

Som tidigare nämnt är det växtbädden som ska erbjuda vegetationen vatten, luft och förankring. Förankring utgörs av det fasta materialet som bildar en ryggrad genom växtbädden (Pettersson Skog et al. 2017, s. 38).

Porsystemet är enligt författarna var vegetationen finner både luft och vatten. Pettersson Skog et al. beskriver hur porsystemet utgörs av utrymmet som uppstår mellan partiklar och inom partiklar. Det vill säga det finns ett större utrymme mellan exempelvis flera pimpstenar, men det finns även ett mindre porsystem inom varje pimpsten, ett extra utrymme för luft och vatten vid behov. Pettersson Skog et al. förklarar fortsättningsvis att det större utrymmet, det vill säga de större porerna, är bättre för att hålla luft medan de mindre porerna är bättre anpassat för att hålla vatten. Idealet för en växtbädd beskrivs av Pettersson Skog et al. med att 50 procent utgörs av det fasta materialet och 50 procent utgörs av porer. Av dessa 50 procent porer anser författarna ska hälften avse vatten och andra hälften luft, se figur 9.



Figur 9. Den ideala växtbädden med 50% fastmaterial, 25% Luft och 25% Vatten.  
(Diagram Anna Angelin)

### Vatten

Att vegetationen har tillgång till tillräckligt med vatten är extremt viktigt, eftersom gröna tak saknar den naturliga kapillära kontakten med grundvattnet (Pettersson Skog et al. 2017, s.40). Därför anser Pettersson Skog et al. att det ska väljas substrat med hög vattenhållande förmåga, dock kan det leda till en hög last vilket kan bli problematiskt. Bjälklagets begränsade bärkraft och risken för vattenmättnings, det vill säga att vattnet tar över luftporerna, begränsar den totala mängden vatten som kan bevaras på ett grönt tak samt ökar behovet av ett vatten genomsläppligt substrat som låter vattnet rinna fritt genom växtbädden (Pettersson Skog et al. 2017, s.40; FLL 2002, s.50). Enligt FLL samt State of Victoria (2014, s.126) bör gränsen för vattenmängden i en växtbädd aldrig överstiga 65 procent, på grund av risken för vattenmättnings av växtbädden. Båda guiderna skriver att ett intensivt grönt taks vattenhållande kapacitet ligger på  $\geq 45$  procent av växtbäddens volym. Ett extensivt grönt taks vattenhållande kapacitet är beroende på sin uppbyggnad. Ett flerlager extensivt tak har en kapacitet  $\geq 35$  procent medan ett enskilt lager  $\geq 20$  procent av växtbäddens volym (FLL 2002, s.50).

### Luft

Hur vatten och luft fördelas mellan porer beror på flera faktorer och några exempel är porstorleksfördelning, packningsgrad samt växtbäddens djup (Pettersson Skog et al. 2017, s.39). Eftersom både stora och små porer kan innehålla antingen vatten eller luft är det viktigt att hitta balansen. FLL (2002, s.50) och Pettersson Skog et al. (2017, s.39) anser att när växtbädden innehåller vatten till sin fulla kapacitet ska det finnas  $> 10$  procent luft i rotzonen

---

<sup>2</sup> Patrick Bellan, rådgivare Stångby Plantskola, intervju 2017-04-25

för att vegetationen ska överleva. Vid torrare förhållande anser FLL (2002, s.50) att ett intensivt grönt tak ska ha  $\geq 20$  procent luft och att ett extensivt grönt tak ska ha  $\geq 25$  procent. Genom att använda poröst substrat som pimpsten eller tegelkross ökas säkerheten för att det kommer finnas plats för både vatten och luft i växtbädden (Pettersson Skog et al. 2017, s. 39). Pimpstenens och tegelkrossets grova porsystem släpper in luft samtidigt som det interna porsystemet kan ta emot vattnet och på så sätt skapas en passande levnadsmiljö för vegetation.

## Övriga viktiga komponenter

Förutom vatten, luft och näring finns det andra komponenter som måste tillgodoses vegetationen på ett grönt tak. Här följer en kort beskrivning av ett antal av dessa komponenter som har betydelse för växtbädden.

### *pH-värdet*

State of Victoria (2014, s.126) anser att det är av stor vikt att specificera pH-värdet i substratet eftersom pH-värdet påverkar vegetationens tillgång till näring i växtbädden. pH-värdet är mätning av vätejonkoncentration i substrat som används för att ta reda på om växtbädden är sur eller basisk, vilket i sin tur har en påverkan på om vegetationen trivs (Pettersson Skog et al. 2017, s. 43). Det optimala pH-värdet är för organiskt material 5.5–6.5 och för vatten 6.0–7.0, men en majoritet av vegetation bör klara det stora spannet på 5.5–8.0 (Pettersson Skog et al. 2017, s. 40; State of Victoria 2014, s.126). Vad detta betyder är att en växtbädd är som bäst lämpad för gröna tak när den har ett så neutralt pH-värde som möjligt.

### *Elektrisk ledningsförmåga*

Elektrisk ledningsförmåga mäter hur väl elektrisk laddning sprids i ett material. Pettersson Skog et al. (2017, s.43) förklarar att elektrisk ledningsförmåga kan även mätas med så kallad ledningstal, där ett högt ledningstal innebär ett högt näringsinnehåll eller föroreningar. Båda är mått på växtbäddens koncentration av lösta salter samt växtbäddens möjlighet för salter att upplösas (State of Victoria 2014, s. 126; Pettersson Skog et al. (2017, s. 43). Ett högt salt innehåll är inte eftersträvänsvärt eftersom salt försämrar vegetationens utveckling och rekommendationer är 1.5–3.5g/l för extensiva tak samt 1.5–2.5g/l för intensiva tak (State of Victoria 2014, ss.126,128). Ett riktvärde för ledningstalet,  $I_t$ , är enligt Pettersson Skog et al. (2017, s.40) 1.5-5lt.

### *Katjonsutbytesförmåga*

State of Victoria (2014, s.126) förklarar katjonutbytesförmåga som förmågan att kunna attrahera och hålla joner positivt laddade. Magnesium, kalium och ammonium är exempel som författarna ger på katjoner och de förklarar att dessa är viktiga för vegetationens utveckling. State of Victoria rekommenderar att växtbädden innehåller 50–100 mEq(milliequivalents) / liter.

## 4.3 Dränering

Dräneringslagret är det fjärde lagret från markytan och vattnet som når ner till detta lager har hunnit rinna genom växtlagret, växtbädden och filten. Dräneringslagrets uppgift är att ta emot vatten som nått ner samt föra bort överflödigt vatten och därmed minska den bidragande tyngden samt risken för en syrefattig växtbädd (FLL 2002, s.25; Pettersson Skog et al. 2017, s.52). Något Pettersson Skog et al. anser viktigt med dräneringslagret är att lagret måste ha en kapillärbrytande förmåga, en förmåga som hindrar vatten i dräneringslagret från att leta sig upp till det lager som är ovanpå. Enligt Pettersson Skog et al. är dräneringslagret beroende av faktorer såsom takets storlek, lutning, planerad vegetation och växtbädd, placering av stup

samt ekonomi. För att säkerställa att vattnet kommer hanteras på rätt sätt bör dräneringen planeras in i tidigt ritningsskede (FLL 2002, s.20).

### Dränerande alternativ

Det ena alternativet till dräneringslagret är att använda dränerande substrat. Till dränerande substrat räknas både naturligt mineral och syntetiskt mineral (Zimmermann red. 2009, s. 464). Enligt Zimmermann och Pettersson Skog et al. (2017, s.40) kan naturligt mineral substrat bestå av exempelvis sand, grus, lava eller pimpsten. Med dessa substrat är det viktigt att kontrollera att de är rena från partiklar och inte pulvrerade, detta eftersom de då inte kan utföra sitt syfte som dränerande material (Weiler & Scholz-Barth, 2009, s.159). Som syntetiskt mineralmaterial rekommenderar Zimmermann (2009, s.464) och Pettersson Skog et al. (2017, s.40) leca, skiffer samt återvunnet material så som olika keramikprodukter exempelvis tegel. Weiler och Scholz-Barth (2009, s.159) anser att keramikprodukter är att föredra då detta är ett lättare alternativ. Att använda dränerande substrat har varit vanligt på äldre gröna tak (State of Victoria 2014, s.72). Författarna förklarar att fördelen med dränerande substrat är att det kan i vissa situationer hantera stora vattenflöden bättre än andra alternativ. Däremot medges det att dränerande substrat kräver fungerande kapillärbrott, passande pH, låg lösbar salthalt samt att silt och lera hålls under tio procent (State of Victoria 2014, s.72; Pettersson Skog et al. 2017, s. 52).

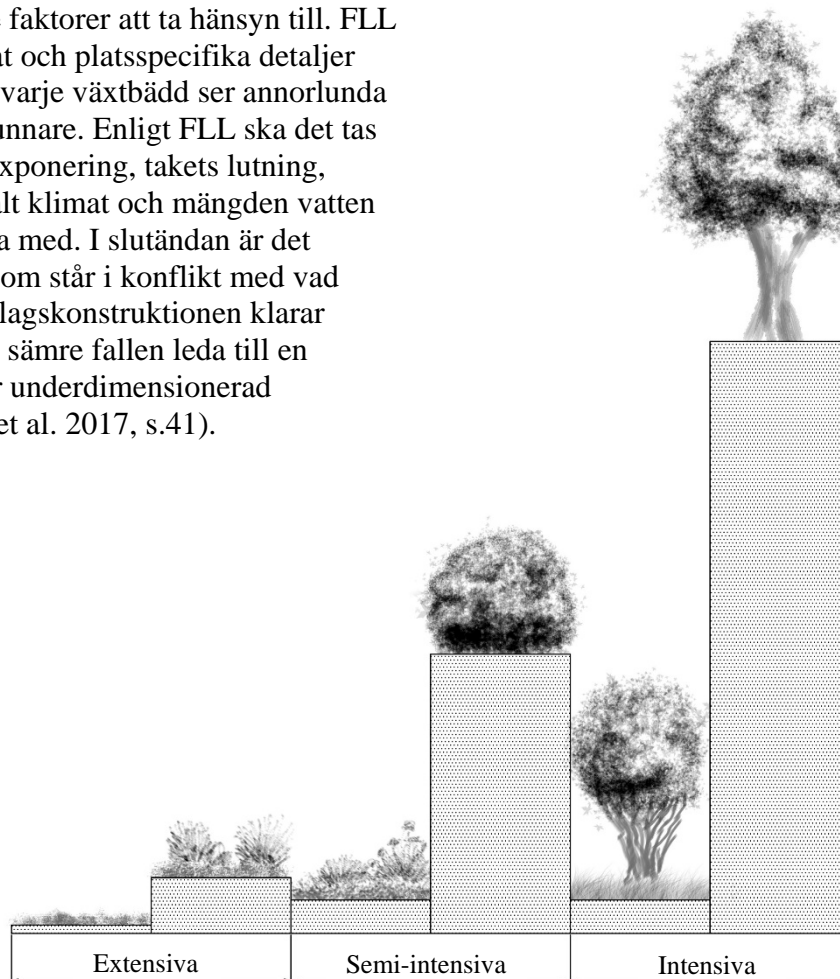
Ett modernare alternativ till dränerande substrat är lättviktsdränerings moduler (State of Victoria 2014, s.72). De dräneringsmoduler som finns tillgängliga är dräneringsmattor, dräneringspaneler och dränering med modifierad skumpanel. Dräneringsmattor kan, enligt författarna, se ut på flera olika sätt. Författarna ger flera förslag på dräneringsmattor så som ej vävda texturmattor, dubbade plastmattor samt fibervävda mattor. Pettersson Skog et al. (2017, s.52) samt Weiler och Scholz-Barth (2009, s.159) rekommenderar dräneringsmattor då de är enkla att installera, lätta till vikten samt skapar kapillärbrott trots begränsad bygghöjd och bärighet. Med sin äggkartongliknande utformning klarar dessa mattor av att lagra vatten i system samt ger möjligheten att borttransportera och skapa fritt flöde av vatten bort från de gröna taken (Pettersson Skog et al. 2017, s.52).

Vilket dräneringssystem som används på det gröna taket beror främst på vad taket ska resultera i. Väljs ett dräneringssystem gjort på dränerande material, istället för med moduler, resulterar det i en tunnare växtbädd men tjockare dräneringslager samt en tyngre konstruktion, blöt som torr, se bilaga 2 (Green roof technology 2017a,c,d). Enligt Green roof technology ökar djupet konstant på dräneringssystemet med det dränerande materialet desto mer krävande vegetation planeras in på det gröna taket medan dräneringssystemet med moduler skiftar med väldigt små marginaler, se bilaga 2. Däremot visas det att sluthöjden för den gröna takkonstruktionen nästintill blir densamma oberoende av vilket dräneringssystem som utnyttjas. Det innebär att dräneringssystem med dränerande material erbjuder en mindre växtbädd för vegetationen då dräneringssystemet tvingas ta delar av växtbädden i anspråk.

## 5 Tjocklekar och tyngder hos olika växtbäddar

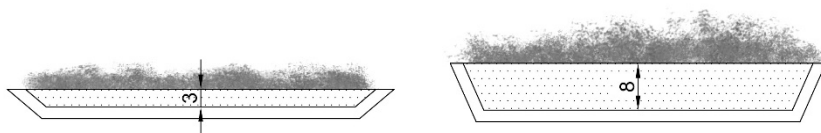
### 5.1 Växtbäddarnas djup

Hur djup kan en växtbädd vara? Hur djup måste den vara? Det finns flera faktorer som påverkar växtbädden på ett grönt tak, speciellt när vegetation är en del av uppbyggnaden. FLL (2002, s. 34) beskriver att en av faktorerna är själva byggnadskonstruktionen. Enligt FLL beror djupet av växtbäddarna på hur taket är konstruerat, vilka material som ska användas i varje lager av konstruktionen samt vilken vegetation som är planerad för det gröna taket. Weiler och Scholz-Barth (2009, s.85) anser att det finns några konstruktiva faktorer som bör tas i åtanke eftersom dessa påverkar det gröna takets djup av växtbädd. Dessa faktorer kan enligt Weiler och Scholz-Barth vara lutnings- och dräneringskrav ovan och under markytan, golvhöjden inuti byggnaden samt ventilationernas storlek, plats och utblås. En annan faktor att ta hänsyn till är de krav som vegetationen kan komma att ställa på ett grönt tak. Ska det gröna taket bli ett extensivt eller intensivt tak, vilka hortikulturella krav finns, vilken vegetation planeras in på taket samt vilka bevattnings- och dräneringskrav som ställs är några frågor som Weiler och Scholz-Barth (2009, s. 86) nämner viktiga att ha i åtanke. Pettersson Skog et al. (2017, s.41) anser att växtbäddens djup beror på bjälklagets bärande förmåga samt växtbäddens möjlighet att besvara vegetationens behov av rotningsbar volym, substratets sammansättning samt den eftersträlvande vatten- och lufthållande kapaciteten. FLL (2002, s. 34) anser att vid uträkning av växtbäddens storlek finns även utomstående faktorer att ta hänsyn till. FLL förklarar att klimat och platsspecifika detaljer kan resultera i att varje växtbädd ser annorlunda ut, djupare eller tunnare. Enligt FLL ska det tas hänsyn till väderexponering, takets lutning, regionalt och lokalt klimat och mängden vatten som taket ska orka med. I slutändan är det växternas behov som står i konflikt med vad den bärande bjälklagskonstruktionen klarar av, vilket kan i de sämre fallen leda till en växtbädd som blir underdimensionerad (Pettersson Skog et al. 2017, s.41).

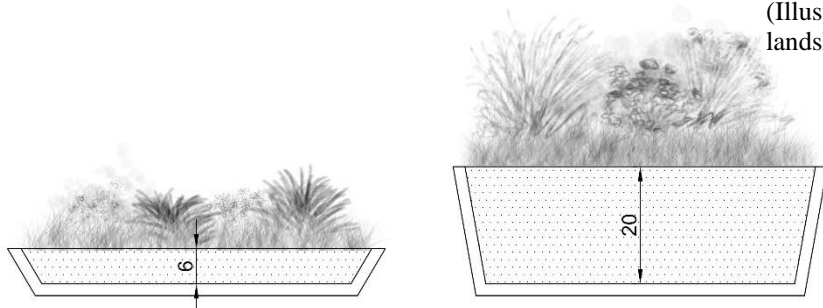


Figur 10. Gruppering av minsta och största möjligt växtbäddsdjup.  
(Illustration: Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent 2017-05-21)

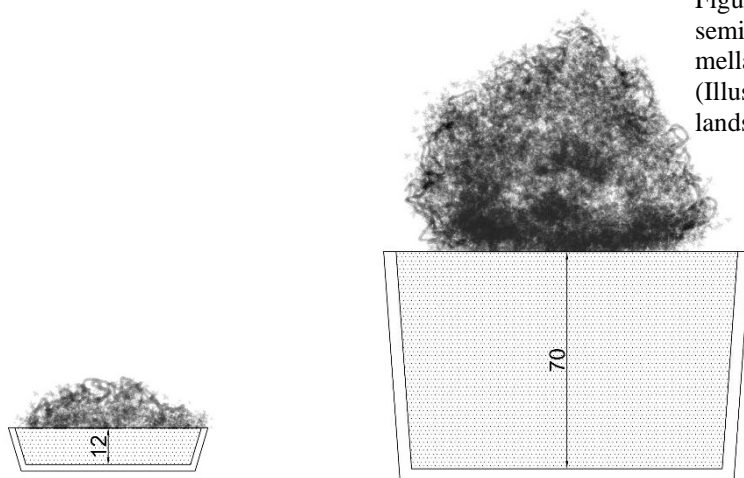
Växtbäddarnas variation i djup är beroende på om det är ett extensivt, semi-intensivt eller intensivt grönt tak, se figur 10. Extensiva gröna tak är de tak som erbjuder de tunnaste av växtbäddarna. Dessa växtbäddar kan erbjuda sedum och ängstak med karaktärer så som kargt alvar, stenig stäpp samt olika sorters ängar (Pettersson Skog et al. 2017, s.14). Enligt författarna (s.42) samt FLL (2002, s.35) kan en extensiv växtbädd vara mellan 3 och 20 cm djup och bestå av exempelvis mossor, sedum, örtartade annueller och perenner samt prydnadsgräs, se tabell A samt figur 11 och 12. Semi-intensiva gröna tak är som tidigare i arbetet beskrivet ett mellanting mellan extensiva och intensiva gröna tak. Det semi-intensiva taket kan erbjuda större variation i vegetation eftersom växtbäddsdjupet på dessa tak är mellan 12 och 100cm, se figur 12 och 13 (FLL 2002, s.35; Pettersson Skog et al. 2017, s.42). Exempel som författarna ger på vegetation från ett semi-intensivt grönt tak är örtartade perenner och annueller som kräver en växtbädd mellan 12 och 35 cm samt småskog, även kallad skottskog, vilket kräver ett växtbäddsdjup mellan 12 och 100cm, se tabell A. Enligt Pettersson Skog et al. (2017, s. 14) är det vid växtbäddsdjup på 60cm och upp som möjligheten för att skapa en parkmiljö på ett intensivt grönt tak uppstår. I denna parkmiljö finns enligt författarna möjlighet för den vegetation som de två andra taken erbjuder samt ett urval av mer krävande vegetation. Vegetation såsom gräsmatta, buskar och träd av olika storlekar kan finnas på dessa tak med växtbäddsdjup mellan tolv och 200cm, se tabell A samt figur 13 och 14 (FLL 2002, s.35; Pettersson Skog et al. 2017, s.42).



Figur 11. Sedum och mossor klarar växtbäddsdjup mellan 3 och 8 cm.  
(Illustration: Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent 2017-05-21)



Figur 12. Fältskikt är vanligt på ett semi-intensivt tak. Deras djup varierar mellan 6 och 20 cm.  
(Illustration: Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent 2017-05-21)



Figur 13. Buskar kan finnas på semi-intensiva samt intensiva tak med djup mellan 12 och 70 cm.

(Illustration: Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent 2017-05-21)

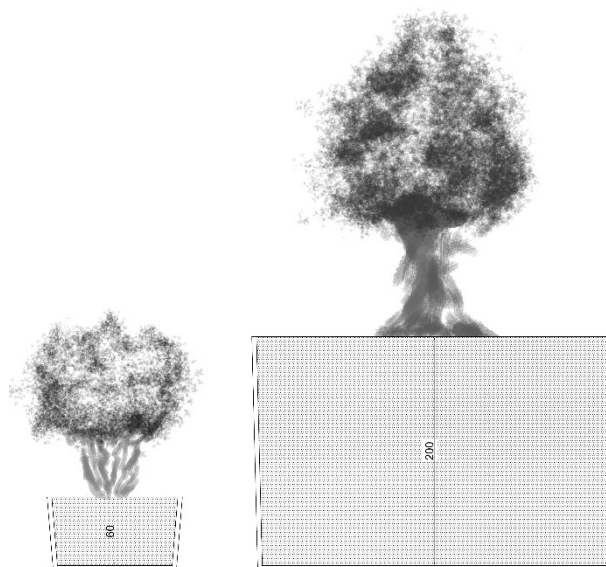


Det framgår av Pettersson Skog et al. att det stora spannet är beroende av vilken art och vilken storlek som väljs för det specifika taket. De ger exemplet över hur en liten buske hade klarat en växtbädd så tunn som tolv cm medan en större buske hade krävt ett djup på minst 35cm, se tabell A.

### Trädgropen

Träd är de som kräver den djupaste växtbädden för hantering av rotklumpar som ska ner i växtbädden. (Pettersson Skog et al. 2017, s.22). Enligt FLL (2002, s. 35) och Pettersson Skog (2017, s. 42) kan ett träd behöva en växtbädd som är från 60 till över 200cm djup beroende på trädets art och storlek, se tabell A. Weiler och Scholz-Barth (2009, s.110) beskriver hur rotklumpen beror på faktorer såsom art och dess växtsätt, antalet omplanteringar, rotmassa samt stamomfånget. Författarna presenterar i sin bok *Green roof systems* ett sätt att beräkna rotklumpens djup där de börjar med att beräkna rotklumpens diameter och då utgår från att en inch i stamomfång är lika med en feet av rotklumpen i diameter. I cm kan detta tolkas som att 10 cm i stamomfång är lika med 120 cm i rotklumpens diameter. Nästa steg enligt Weiler och Scholz-Barth (2009, s. 110) är att beräkna rotklumpens djup. Författarna rekommenderar att en rotklump med en diameter på 51cm bör ha ett djup som inte understiger 65 procent av diametern och om diametern är större än 51cm bör rotklumpsdjupet inte understiga 60 procent av diametern. Enligt dem finns det, för träd med stamomfång mindre än 15 cm, en tumregel som säger att rotklumpens djup ska vara två tredjedelar av rotklumpens diameter. Det vill säga om rotklumpen har en diameter på 120 cm bör rotklumpens djup bli 80 cm. Om stamomfånget är mellan 17 och 25 cm förblir rotklumpsdjupet 121 cm och om stamomfånget är mellan 28 och 38 cm förblir rotklumpsdjupet 152 cm (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.110). Författarna förklarar att deras förslag på uträkning av rotklumpens djup resulterar i högre resultatsiffror än vad den amerikanska standarden föreslår men de anser att denna uträkning är bra i tidigt planeringsskede samt vid ritning av trädgrop.

Eftersom det finns flera restriktioner och faktorer att ta hänsyn till när det gäller djup av växtbäddar är det åtråvärt med en så låg jordklump som möjligt. Bellan<sup>3</sup> berättar om balansgången vid utveckling av rotklumparna för gröna tak. Han förklarar att det finns en möjlighet att minska på rotklumpens djup med hjälp av så kallade airpots, se figur 15. Enligt Bellan köps det in träd som jordklumpar för att



Figur 14. Träd är de som behöver djupast växtbäddar, mellan 60 och 200 cm.  
(Illustration: Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent 2017-05-)



Figur 15. Med airpots kan trädet planteras i tunnare växtbäddar.  
(Foto: Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent [2017-04-25])

<sup>3</sup> Patrick Bellan, rådgivare Stångby Plantskola, intervju 2017-04-25

sedan halvera denna jordklump och då främst ta bort överflödig jord. Efter det klargör Bellan att den återstående jordklumpen etableras i en airpot, med kompenserad bredd, och resulterar i ett utvecklat rotsystem, precis som en jordklump utan denna halvering. Bellan förklarar att detta arbetssätt fortfarande utvecklas och det testas nya metoder. Det viktiga är att idag är airpot det bästa alternativet för att få en så låg jordklump som möjligt, ner till 40cm är möjligt, och han påpekar vikten av att vara ute i god tid, inför bygget av det gröna taket, för att denna etableringsmetod ska vara möjlig att genomföra.

Tabell A. Växtbäddarnas olika djup.

(Tabell skapad av Anna Angelin efter data från FLL 2002 och Pettersson Skog et al. 2017)

Grönt tak / Djup i cm		3	4	6	8	10	12	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	125	150	200
Extensiv	Mossa - Taklök																							
	Mossa - Sedum																							
	Sedum - Ört																							
	Mossa - Sedum - Ört																							
	Sedum - Örtartade - Prydnadsgräs																							
	Örtartade - Prydnadsgräs																							
	Örtartade - Prydnadsgräs - Få vedartade																							
Semi-Intensiv	Örtartade - Prydnadsgräs																							
	Buskage - Småskog																							
	Småskog																							
Intensiv	Gräsmatta																							
	Buskar																							
	Buskage, små																							
	Buskage, medium																							
	Buskage, stora																							
	Mindre träd - Buskträd																							
	Medium träd																							
	Större träd																							

## 5.2 Laster

Enligt State of Victoria (2014, s. 34) finns det tre olika sorters laster som ett grönt tak kommer stöta på: dödlast, levandelast samt tillfällig last. Författarna beskriver dödlast som den slutliga lasten, den som inkluderar allt från substrat och vatten till all vegetation som är planerad till taket. Levandelast presenterar författarna som lasten besökarna på taket kommer bidra med. På ett extensivt tak med dagvattenhanteringssyfte kommer möjligtvis inte ha lika hög levandelast som ett grönt tak med rekreationssyfte. Den sista, tillfällig last, beskrivs av State of Victoria (2014, s.34) som en rörlig och ibland korttids varande last. Pettersson Skog et al. (2017, s. 47) nämner vindlast, regnlast samt övrig last som tre tillfälliga laster. Vindlasten är enligt författarna föränderlig och beror till stor del av byggnadens höjd, yta och form. Regnlasten beror i stor del till substratets vattenmagasinerings, avrinningshastigheten på ett lutande tak samt dräneringshastigheten (Pettersson Skog et al. 2017, s.47). I övrig last tar Pettersson Skog et al. upp snölast som ökar i takt med ökande av vegetation på tak, de nämner även skötsellast, lös inredning samt alla vegetationsfria ytor som tillfälliga laster på gröna tak.

### Lasten av en växtbädd

För att få fram den totala lasten adderas vattenmättat substrat med vattenmättat dräneringslager samt all vegetation (Pettersson Skog et al. 2017, s. 46). Det är viktigt att ta med den vattenmättade aspekten när den totala lasten beräknas eftersom växtbäddarna och

dräneringslagren kommer att behålla mycket vatten på plats och vatten kan enligt State of Victoria (2014, s. 128) väga upp mot 1 000 kg/m<sup>3</sup>. Enligt Pettersson Skog et al. (2017, s.46) kan ett 10 cm djupt grönt tak väga 100 kg/m<sup>2</sup> i torrt tillstånd och 130kg/m<sup>2</sup> i vattenmättat tillstånd. Denna vikt är relativt likt vikten för ett vattentätt membran som används på traditionella tak vilket betyder att klarar en byggnad av vikten av ett vattentätt membran så ska den även utan några modifikationerna klara av ett extensivt grönt tak (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.88). Vad en växtbädd kan väga beror på vilket substrat som används. Tidigare i arbetet nämns att en växtbädd kan bestå av antingen tillsatsmaterial, tillverkad jord eller organiskt material. Förutom att de har olika lufthållande kapaciteter och näringsinnehåll så har de olika vikter. State of Victoria (2014, s. 128) beskriver hur organiskt material såsom tallbark eller kompost kan väga mellan 50 och 360 kg/m<sup>3</sup> i torrt tillstånd och upp till mot 930 till 1 100 kg/m<sup>3</sup> i blött tillstånd. Detta medan de beskriver att tillsatsmaterialet pimpsten väger mellan 260 och 490 kg/m<sup>3</sup> i torrt tillstånd och i blött upp mot 540 till 753 kg/m<sup>3</sup>. Dessa tal betyder att vid val av substrat måste det ske en balansgång mellan önskade egenskaper samt den slutgiltiga lasten. Vid färdig bebyggelse eller i byggplanering där ämnet om takvegetation tas upp för sent kommer frågan om lasten att vara avgörande. Vilket kan ha konsekvenser på sitt håll.

## Vegetationens last på strukturen

Vegetation var den avslutande delen i ekvationen av tyngden av ett grönt tak. Weiler och Scholz-Barth (2009, s.89) anser att de djupare växtbäddarna som bjuder in större vegetationsutbud kommer automatiskt att bidra med betydligt tyngre last vilket i sin tur kommer kräva en mer komplex konstruktion. Vegetation som är passande för extensiva gröna tak är bland de lättaste, exempel är de ofta förekommande mossor och sedum som väger cirka 10 kg/m<sup>2</sup> (FLL 2002, s.70; State of Victoria 2014, s.35; Pettersson Skog et al. 2017, s.47). Buskage som blir mer förekommande vid semi-intensiva och intensiva gröna tak behöver större marginaler eftersom det finns en stor variation av buskagestorlekar, enligt författarna kan buskar väga mellan 10 och 60 kg/m<sup>2</sup>. Träd är den tyngsta vegetationen som kan placeras ovan på ett grönt tak. 150 kg/m<sup>2</sup> är vad det anses att ett större träd ovanpå ett grönt tak kan väga vid plantering (FLL 2002, s.70; State of Victoria 2014, s.35; Pettersson Skog et al. 2017, s.47). För jämförelse med mindre träd samt lasten av fältskiktsvegetation se tabell B. Nedan följer en metod av Weiler och Scholz-Barth (2009) vilken är möjlig att använda för att beräkna den slutgiltiga lasten av ett fullvuxet träd.

Tabell B. Last av olika vegetationstyper

(Tabell skapad av Anna Angelin efter data från FLL 2002; Pettersson Skog et al. 2017 och State of Victoria 2014)

Grönt tak / Last i kg/m <sup>2</sup>	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Sedum - Mossa										
Låga örtartade - Prydnadsgräs										
Gräsmatta										
Buskage, mindre										
Buskage, större										
Mindre träd										
Större träd										

Grönt tak / Last i kg/m <sup>2</sup>	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Sedum - Mossa										
Låga örtartade - Prydnadsgräs										
Gräsmatta										
Buskage, mindre										
Buskage, större										
Mindre träd										
Större träd										

I trädens last räknas stam, trädkrona, rotklump samt jorden kring rotklumpen (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.107). Weiler och Scholz-Barth (2009, s.109) anser att det finns fyra faktorer som måste fastställas för att senare kunna beräkna den slutgiltiga lasten av ett träd. De fyra faktorerna de tar upp är rotklumpens storlek, trädgropens storlek, lasten av rotklumpen samt substratet i trädgropen och avslutningsvis trädets fullvuxna tyngd. De bedömer att först måste rotklumpens storlek uppskattas, vars beräkningsmetod togs upp tidigare i detta arbete. Efter att ha fastställt rotklumpens storlek ska trädgropens bredd och djup beräknas. Dessa mått är beroende på storleken av rotklumpen samt arkitekten eller ingenjören som ritar växtbädden (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.113). Weiler och Scholz-Barth beskriver att måtten kring rotklumpen är inga bestämda mått och kan därför variera beroende på vem som gör ritningarna. Efter att ha beräknat trädgropens storlek uppstår möjlighet att beräkna trädgropens substrats last om det är bestämt vilket substrat som ska användas på det gröna taket (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.113). Trädgropens substrats last beräknas, enligt författarna, genom att multiplicera trädgropens volym med det tänkta substratets  $\text{kg/m}^3$ .

Författarna skriver att den sista faktorn som måste tas hand om innan det är möjligt att beräkna trädets totala last är att fastställa trädets fullvuxna stam och trädkronas last. Hur stor ett fullvuxet träd blir beror på vilken art som valts, hur stor den var vid plantering och miljön som trädet växer i (Weiler & Scholz 2009, s.113). Enligt författarna kan landskapsarkitekter bedöma trädets fullvuxna storlek utifrån arbetserfarenheter. Själva nämner de en last på 2.7 ton som de anser gäller för de flesta trädarter när de fått ett stamomfång på 50cm. Bellan<sup>4</sup> anser att det är väldigt svårt att bedöma hur stort ett träd på gröna tak blir som fullvuxet. Att plantera träd på tak är relativt nytt, det är fortfarande i teststadiet, och han påpekar att när träd planteras på tak så sätts de inte i sin optimala växtmiljö. Det är svårt att jämföra ett träd på ett grönt tak med utvecklingen hos ett träd i parkmiljö och enligt Bellan kommer trädet på taket att utvecklas väldigt långsamt med inriktning på överlevnad.

När det slutligen är uträknat hur tungt ett fullvuxet träd kan bli går det att beräkna den totala lasten för ett träd. Detta beräknas genom att addera trädgropens substrats last med det fullvuxna trädets last (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.115). Resultatet kan enligt författarna sedan presenteras antingen i ton eller  $\text{ton/m}^2$ .

### 5.3 Lutande tak

Weiler och Scholz-Barth (2009, s.128) anser att platta, det vill säga lågt lutande, tak är de mest ekonomiskt gynnsamma samt de tak som är lättast att konstruera och därmed kan vara ett av de bättre alternativen för ett grönt tak. Weiler och Scholz-Barth lyfter däremot fram att trots fördelarna med det platta taket är det vissa som anser att ett lutande tak är mer estetiskt fördelaktigt. Båda taken riskerar direkt solexponering och kan därmed resultera i varma tak över  $20^\circ\text{C}$  men de hanterar avrinning av regnvatten olika bra då vatten rinner fortare av ett mer lutande tak (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.129). Författarna anser att valet mellan de två taken beror på faktorer såsom byggnadens arkitektur, byggandets budget, geografisk plats samt personliga preferenser. De nämner även en femte faktor vilket utgår från det gröna takets syfte. Ett platt tak har fördelen att det kan ta vara på regnvattnet medan ett tak med hög lutning låter regnvattnet rinna av och därmed påpekar Weiler och Scholz-Barth att ett val kan vara utifrån önskad regnvattenhantering.

---

<sup>4</sup> Patrick Bellan, rådgivare Stångby Plantskola, intervju 2017-04-25





Figur 16. Ett extremt lutande tak, med sedum och suckulenter.

(Flickr [online] sökord: green roof, [2017-05-02]. Foto: Ryan Somma, 1980-01-01, CC BY-SA 2.0)

## Lutning

För att ett grönt tak ska kunna dränera vatten kommer det att behövas en lutning på minst en grad (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.133).

Zimmermann red. (2009, s. 460) anser att för ett intensivt tak är 0 till 1.1 grader bäst lämpat, detta enbart om det intensiva taket har en vattensamlade förmåga i dräneringslagret. Enligt FLL (2002, s.17) kommer gröna tak med en lutning under 1.1 grader att behöva ett anpassat dräneringssystem som klarar av de mängder vatten som fördröjs på taket och förhindra vattenmättning.

Vidare menar de att taken med enbart

en lagerstruktur, så som sedummattor, kommer kräva att dräneringssystemet bli djupare för att även här förhindra vattenmättning.

Önskas det att det gröna taket lutar mer än 1.1 grader rekommenderar FLL (2002, s.17) ett extensivt eller semi-intensivt grönt tak. Dessa tak bör, enligt FLL, ha en lutning på minst 1.1 grader för att kunna hantera yttlig vattenavrinning samt för att slippa vattenmättning. På dessa tak etableras tunna växtbäddar med hjälp av vegetationsmattor av exempelvis sedum men det kan även förkomma etablering av sticklingar, pluggplantor eller frösådd (Pettersson Skog et al. 2017, s.24). Zimmermann red. (2009, s.460) anser att den optimala lutningen ligger på 1.1 till 2.9 grader eftersom det gröna taket då fortfarande kan bibehålla det vatten som träffar taket. Lutningen på ett grönt tak kan trots det optimala på 1.1 till 2.9 grader gå upp mot 45 graders lutning, se figur 16 (FLL 2002, s. 18). FLL och Pettersson Skog et al (2017, s.14) påpekar att det viktiga med dessa tak är att de kommer behöva extra skydd som ser till att växtbädden förblir på plats samt att dessa tak kommer att behöva regelbunden bevattning eller torktålig vegetation som klarar den torka som kommer uppstå i samband med den höga avrinningshastigheten.

## Skydd/risker

Ju högre lutningsprocent det gröna taket innehaver desto större är risken för växtbädden att börja glida ner. Vind och gravitation är det som påverkar stabiliseringen av växtbädden och är avgörande för om växtbädden förblir på plats (State of Victoria 2014, s.79). State of Victoria påpekar betydelse av att växtbädden hindras från att glida eftersom glidning av växtbädden kan leda till dålig utveckling av vegetationen som då får svårare att klara sig på det gröna taket.

Var gränsen går för hur mycket ett grönt tak kan luta utan att behöva någon sorts hjälp är ingen bestämd siffra. Pettersson Skog et al. (2017, s. 24) anser att ett grönt tak med en lutning över tio grader utsätts för risk av växtbäddsglidning medan State of Victoria (2014, s.79) anser att gränser går först vid 15 grader och FLL (2002, s.29) påstår att en lutning upp till 20 grader inte ska behöva något kostsamt skydd så länge alla lager är opåverkade. Pettersson Skog et al. (2017, s. 24) medger däremot att vegetationsmattor bör klara upp mot FLLs rekommenderade 20 graders lutning men när lutningen går över 30 grader kommer dessa mattor att behöva armering för att bibehålla sin position på taket. Det finns olika metoder för

att förhindra glidning eller delning av en växtbädd. Speciellt vävda mattor, anti-beskärningsplattor och anti-beskärningstyg med geotextil som klarar den statiska vikten samt förankras permanent i den övre delen är olika exempel på material som kan användas i förebyggande syfte (FLL 2002, s.29).

Förutom att jobba med olika förankrande skydd bör det även fokuseras på själva växtbädden. Det kan vara av stort intresse att se till att växtbädden inte innehåller material som kan sköljas bort och därmed göra växtbädden instabil och lättpåverkad samt kan det underlätta om det väljs vegetation som har en strukturell sundhet som inte påverkas av avrinningen (FLL 2002, s.29). Under första växtsäsongen när det finns större vegetationsfria ytor kan det uppstå erosion i växtbäddarna vid lutningar större än 15 grader (Pettersson Skog et al. 2017, s.24). Pettersson Skog et al. rekommenderar, vid användande av vegetationsmattor, ett terrasseringsystem så kallat kassetter, för att förebygga erosionsproblematiken. Enligt författarna fylls dessa kassetter med substrat och därmed bidrar med större rotutrymme vilket kommer leda till en stabilare växtbädd.

## 5.4 Väderförhållanden

Eftersom gröna tak är placerade ovan på byggnader ökar de gröna takens sårbarhet. De gröna taken påverkas av solstrålning, solskugga, regnskugga, samt vindförhållanden (Pettersson Skog et al. 2017, s. 23). På tak skapas instängda ytor med sitt egna mikroklimat och i dessa ytor intensifieras vindturbulens, utsläpp, fuktighet och temperatur, allt som kommer ha sin påverkan på hur det gröna taket kommer att utvecklas (State of Victoria, 2014, s. 32).

### Sol

Ju högre byggnaden är som det gröna taket placeras på desto intensivare blir solinstrålningen (State of Victoria 2014, s.32). State of Victoria förklarar att detta samband hör ihop med den öppna omgivningen. Enligt dem behövs vegetation eller strukturer i ens omgivning som kan absorbera ljuset för att minska den intensiva solinstrålningen. Uppe ovanpå en byggnad finns inte alltid dessa omgivningar till hands. Det kan finnas strukturer i anslutning eller kring byggnaden med det gröna taket, oftast är det så, men lika lätt som de kan absorbera solinstrålningen kan de ha en negativ påverkan på de gröna taken (State of Victoria 2014, s.32). Enligt State of Victoria kan dessa omgivande strukturer om de är av glas eller ljus konstruktion öka solinstrålningen genom att reflektera ljuset från sig. De omgivande strukturerna kan också, enligt författarna, minska på solinstrålningen men i den negativa bemärkelsen att om de är högre så lämnar de det gröna taket i för mycket skugga.

### Vind

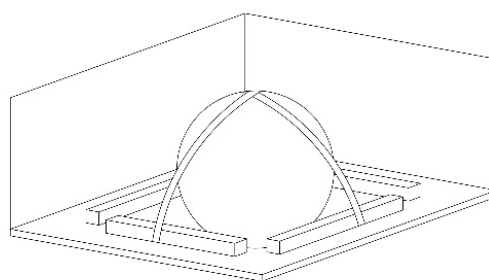
Vind kan ha en positiv inverkan på en plats med sina svalkande egenskaper men den kan även påverka negativt. Vinden uppe på ett grönt tak kommer att påverka takets temperatur, den kan torka ut vegetationen och förstöra nästan vad som helt på taket beroende på sitt tryck (State of Victoria 2014, s.32; FLL 2002, s.28). State of Victoria (2014, ss. 32,78) anser att alla tak oavsett lutning kan utsättas för problematiska vindar men författarna påpekar att vindens hastighet ökar ju högre upp från marken det gröna taket befinner sig. Vindens kraft ökar beroende på bebyggelsens fasadform samt höjd och vindens kraft kan beräknas genom att multiplicera vindtrycket med byggnadens area i elevation (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.118; FLL 2002, s.28). Hela det gröna taket utsätts inte för samma höga stress på grund av vinden. FLL (2002, s.28) och State of Victoria (2014, s.78) anser att det gröna takets hörn och kanter är de som utsätts för högst tryck och är därmed de mest utsatta medan takets mitt har

lägre tryck och därmed mindre stress. Gräs och buskar på gröna tak brukar påverkas obetydligt av dessa vindar, problematiken är hos träden (Weiler & Scholz-Barth 2009, s.116). Enligt författarna trycker vinden på stam och krona vilket betyder att träd på gröna tak är beroende av antingen ett väletablerat och tätt rotsystem eller olika permanenta förankringar. Genom att planera utifrån vinden i tidigt skede kan en del av problemen med vinden förebyggas (FLL 2002, s.28). Börja med att planera in vegetationsfria ytor där vinden har som störst påverkan, vilket var i hörn och längst kanter, innan mer krävande och tyngre åtgärder tas vid (Zimmermann 2009, s.463). Staket och väggar kan ge en hjälpsam hand på taket samt erosionsförebyggande nät och täckande vajrar som båda kan bidra med att stabilisera växtbäddarna vid kraftigare vindar (State of Victoria 2014, s. 78)

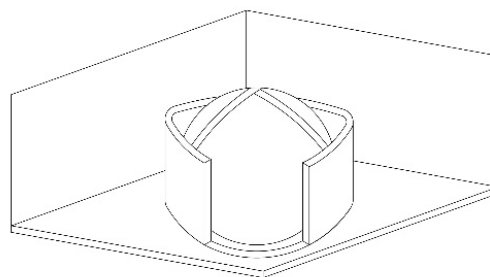
## 5.5 Förankring

Weiler och Scholz-Barth (2009, s.116) skrev att det som utsätts mest för vindar ovanpå gröna tak är träden, vilket betyder att det är av största vikt att förhindra dessa från att välta. Enligt Pettersson Skog et al. (2017, s. 61) anses det bästa skyddet mot kraftiga vindar vara om trädet fått en utbredd och mäktig växtbädd som gett trädet förutsättningarna för att kunna förankra sina rötter. Detta är inte alltid möjligt ovan på bebyggelse och därför kan extra förankring krävas. I planteringar på marknivå är stolpar med spännband vanligt men Bellan<sup>5</sup> förklarar hur detta alternativ är omöjliga på grund av de tunna växtbäddarna på gröna tak. Enligt honom behövs ett ordentligt djup för att fästa stolparna för annars kan de inte utföra sitt syfte. På grund av detta används olika underjordiska förankringsmetoder. Enligt Pettersson Skog (2017, s.61) sker den mest förekommande förankringen på gröna tak under jord.

Ett förankringsförslag som författarna tar upp är att spännband eller vajrar fästs runt trädets rotklump samt i så kallade slippers, möjligtvis betongfundament, som är förankrade i bjälklaget, se figur 17 Bellan<sup>6</sup> anser att denna metod påminner om så kallade 'Duckbill' förankring som är förekommande i vanliga planteringar på markplan fast utan behovet av slippers. En annan metod som Pettersson Skog et al. tar upp är att förankra rotklumpen i betongrör med hjälp av spännband, se figur 18 Enligt Bellan<sup>7</sup> kan detta förslag påminna om de betongfundament som utnyttjas vid användning av skelettjord. Han tror att likt skelettjords betongfundament så har betongrören slitsar som hjälper rötterna att hitta en väg ut och låter trädet etablera sig på plats. Ett tredje alternativ är ett som Bellan



Figur 17. Förankring av rotklump med spännband och slippers.  
(Illustration: Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent [2017-05-21])



Figur 18. Förankring av rotklump med betongrör.  
(Illustration: Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent [2017-05-21])

<sup>5</sup> Patrick Bellan, rådgivare Stångby Plantskola, intervju 2017-04-25

<sup>6</sup> Patrick Bellan, rådgivare Stångby Plantskola, intervju 2017-04-25

<sup>7</sup> Patrick Bellan, rådgivare Stångby Plantskola, intervju 2017-04-25

säger håller på och utvecklas samt testas. I detta alternativ förklarar han att krukan, som innehåller rotklumpen, inkorporeras med armering som sedan förankras på takets bjälklag.

Det finns en risk att dessa tre förankringsförslag, vid kraftiga vindar, deformerar jordklumpen eller att trädet börjar luta (Pettersson Skog et al. 2017, s.61). Vid sådana utsatta platser kan det krävas extra ovanjordisk förankring och Pettersson Skog et al. nämner då inbindning mot stam som förankras i bjälklaget. Pettersson Skog et al. anser däremot att kan ovanjordisk förankring undgås kan detta ge ett renare synintryck på det gröna taket samt minskad skötsel eftersom spännband då inte behövs kontrolleras mot stryprisk av stam.



## 6 Reflektion och slutsats

### 6.1 Metodreflektion

Detta arbete har, som tidigare förklarats, utgått från litteraturstudier och tanken var att fokusera på svensk litteratur med stöd från utländska. Under arbetets gång visade det sig att utbudet av svensk litteratur inom ämnet var begränsat och centrerades till *Växtbädd och vegetation Grönatakhandboken* av Pettersson Skog et al. (2017). På grund av detta fick litteraturstudien utbredas geografiskt. Det problematiska med detta var att i och med detta lämnades det svenska klimatet och den svenska standarden inom byggbranschen men samtidigt hittades FLL i denna sökning. FLL är det referensverk som de flesta vänder sig till angående konstruktion av gröna tak. I detta arbete användes dessvärre inte den senaste upplagan av FLL från 2008 utan 2002s upplaga, men det sägs inte vara några större skillnader mellan de två upplagorna. Weiler och Scholz-Barth (2009) samt State of Victoria (2014) är ofta förekommande källor under arbetet. Weiler och Scholz-Barth är båda erkända i USA för sin kunskap om gröna tak och den ena föreläser om landskapsarkitektur medan den andra arbetar med att etablera gröna tak i mellanöstern. Däremot uppstår det ibland krockar med svenskt arbete vilket är både positivt och negativt. Positivt i bemärkelsen att det finns ett utomstående perspektiv till gröna tak relaterade frågor men negativt med tanke på att allt inte är applicerbart i Sverige. State of Victoria är en källa som kommer från Australien. Detta betyder att det kan finnas svårigheter att ta all information de besitter och applicera i Sverige, ett land med ett klimat möjligtvis utan större likheter till Australien. Trots den klimatskillnaden som separerar skulle många av deras åsikter kunna appliceras i svenskt klimat och växtbädds krav ser ut att vara någorlunda universellt. Den källa inom arbetet som fick tas med största aktsamhet var Green Roof Technology. Detta är ett företag som arbetar med etablering av gröna tak och utefter detta var det tvunget att ta i beaktning att informationen som samlades var säljande. Trots detta användes denna källa eftersom det framgick att det var ett etablerat företag samt att ingen information som användes hade större avvikelser från andra använda källor.

### 6.2 Slutsats

Detta arbete har utgått utifrån två frågeställningar. Hur konstrueras växtbäddar till gröna tak samt vad är förutsättningarna för att tak ska kunna bli gröna tak? Utifrån dessa har arbetet presenterat den bredd som är hela konstruktionen av gröna tak utgör för att sedan fördjupas på växtbäddarna och relationen mellan dem och vegetationen.

#### Hur konstrueras växtbäddar till gröna tak?

För att konstruera ett välfungerande grönt tak behövs en anpassad växtbädd, ett fungerande dräneringslager och andra skyddande samt separerande lager. I arbetet har det lagts fokus på växtbädden samt dräneringslagret då den har sin påverkan på växtbädden. Vad som har kommit ut av detta är vikten av att föreställa sig slutet innan det sker några väsentliga val. Vilken vegetation som önskas påverkar djupet av växtbädden, djupet av växtbädden påverkar lasten av det gröna taket, samspelar växtbäddens djup och innehåll med takets användningssyfte och så vidare. Det är väldigt många faktorer som måste tas hänsyn till och om målet inte är tydligt kan det få oanade konsekvenser som påverkar helheten av det gröna taket. Börja med att välja. Exempelvis: Ska taket vara ett extensivt, semi-intensivt eller intensivt? Är det gröna taket för dagvattenhantering eller rekreativt syfte? Ska vegetationen enbart vara fältskikt eller ska det planteras in träd och buskar? Dessutom måste det tas upp vilka ramar det är möjligt att röra sig inom när det gäller last och lutning, varje byggnad har

olika möjligheter och anpassningar kommer behövas göras utefter dessa krav. Det är viktigt att ha förståelse över de begränsningar som finns, ett exempel är att ett fullvuxet träd väger minst 2.7 ton och totalvikten vid plantering av enskild 2.7 ton träd ligger på 11 ton.

När de frågorna är besvarade och begränsningarna satta kan konstruktionen av växtbäddarna börja. Vilket substrat som växtbädden är uppbyggd av beror på vad som ska planteras i växtbädden och syftet med konstruktionen. För att vegetationen ska trivas bör porsystemet bestå av 50 procent fast material, 25 procent vattenhållande kapacitet och 25 procent lufthållande kapacitet. Utöver detta finns vegetationsrelaterade komponenter så som pH och elektrisk ledningsförmåga som styrs av valet av vilken sorts tak man vill ha samt vegetationens önskemål. Om dessa saker uppfylls finns möjlighet att utnyttja olika substrat med olika förmågor. Det finns tre olika huvudkategorier, tillsatsmaterial, tillverkad jord samt organiskt material. Vilken av dessa tre kategorier som väljs beror på lastbegränsningar och andra önskemål såsom bra vattengenomsläpplighet. Djupet av växtbäddarna beror helt och hållet på vilken vegetation som önskas. Det är viktigt att se till att dessa växtbäddar inte underdimensioneras för att spara på last eftersom detta kan rubba vegetationens utveckling, försök istället använda ett lättare substrat om behovet uppstår. Den tunnaste växtbädden möjlig på ett grönt tak är 4 till 6 cm för sedum och mossor och tjockaste är 200cm för större träd. Dräneringslagret har också sin påverkan på växtbäddens konstruktion. Det finns två olika alternativ, dräneringsmaterial och dräneringsmoduler. Det senare är den moderna installationen som är i flera fall det bättre lämpade valet. Dräneringsmodulerna är lätta, någorlunda konstant i höjd samt erbjuder tjockare växtbäddar för samma slutliga konstruktionshöjd.

Något som det inte fanns tid till under detta arbete men som hade varit intressant att ta upp är vegetationen på art- och individnivå. Vilken art hade trivts uppe på ett grönt tak? Hade detta studerats hade det möjligtvis kommit upp mer specifika krav på växtbädden men även på yttre platsspecifika faktorer såsom höjd, sol, vind och geografi.

### Vad är förutsättningarna för att tak ska kunna bli gröna tak?

Det som är avgörande för att ett tak ska kunna bli ett grönt tak är konstruktionen av bebyggelsen. Med befintlig bebyggelse handlar den befintliga strukturen och vilka förändringar den klarar av medan nybebyggelse är beroende av att planering av slutresultatet tas upp i tidigt skede. Anledningen till skillnaden mellan nytt och befintligt är på grund av att det befintliga är begränsat inför förändring medan ny bebyggelse är föränderlig så länge diskussionen börjar under planeringsfasen och inte när sista fönstret monteras plats.

#### *Befintlig bebyggelse*

När det kommer på fråga att omvandla ett traditionellt tak till ett grönt tak är last och lutning faktorer värda att utgå utifrån. I dessa fall måste det utgå från förutsättningarna eftersom dessa är bastanta. Last är den avgörande punkten under dessa utredningar och frågan är vad klarar taket av? I arbetet har det nämnts att det finns tre olika sorters laster, dödlast, levandelast och övrig last. Dödlast och övrig last är ett måste eftersom de är vad som bygger upp det gröna taket samt naturliga orsaker som inte kan påverkas. Levandelast är den flexibla av de tre och kan enbart introduceras på de tak som klarar av att människor utnyttjar taket. Eftersom det uppstår lastbegränsningar när det finns önskan att omvandla ett traditionellt tak kommer detta behövas anpassningar. Dessa anpassningar kan vara vilken vegetation ska finnas på taket, ska det vara ett extensivt, semi-intensivt eller intensivt tak samt uppbyggnaden av växtbädden. Dock betyder inte det att djupet av växtbädden är något som kan kompromissas, en underdimensionerad växtbädd kommer enbart leda till dålig utveckling av det gröna taket. Innehållet av växtbädden är däremot anpassningsbart. Är lasten en stor

begränsning för det gröna taket rekommenderas inte att det används substrat av organiskt material utan istället något av lättviktssubstraten som väger cirka 200 kg/m<sup>3</sup> mindre än det organiska materialet i blött tillstånd. Den lägsta lasten ett grönt tak kan erbjuda är 10 kg/m<sup>2</sup> med sedum och mossor med cirka 20 kg/m<sup>2</sup> med fyra cm av det lättaste tillsättsmaterialet. Lutning är även det en viktig faktor att utgå ifrån. Är det en byggnad med ett tak som inte lutar är intensiva tak ett alternativ så länge byggnaden orkar den last som ingår samt klarar av att bidra med ett fungerande dräneringssystem. Lutar taket över 1.1 grader rekommenderas istället ett semi-intensivt eller extensivt tak. Dessa är möjliga på tak upp till 45 graders lutning. Lutar taket över detta är det för riskfullt att omvandla taket till ett grönt tak.

En befintlig bebyggelse hade därmed kunnat bli ett grönt tak även om den enbart orkade bära cirka 30 kg/m<sup>2</sup> och lutade 45 grader. Eftersom möjligheten att omvandla ett befintligt tak är väldigt platsspecifikt hade det varit intressant att utföra platsspecifika undersökningar. Vad klarar bebyggelsen av i nuläget, kan den utvecklas och vilket resultat kan nås i slutändan är möjligheter värda att undersöka. Detta är frågor som är relevanta i dagsläget i och med utveckling av dagvattenhantering i städerna samt alla outnyttjade hårdgjorda ytor i Sveriges storstäder.

#### *Ny bebyggelse*

Enligt Weiler och Scholz-Barth (2009, s.88) är vikten för ett tio cm djupt grönt tak med last omkring 130kg/m<sup>2</sup> i vattenmättat tillstånd likt lasten för ett vattentät membran som på traditionella tak. Detta betyder att all ny bebyggelse har möjlighet att omvandlas till gröna tak. 10 cm kan ge plats åt ett extensivt tak med sedum, mossor och olika örter. Ibland önskas däremot ett semi-intensivt eller intensivt tak för andra syften eller andra estetiska önskemål. För att konstruktionen av semi-intensiva och intensiva tak ska bli av samt livsdugligheten för vegetationen på taken ska vara acceptabel bör diskussionen ske i tidigt planeringsskede. Bellan<sup>8</sup> anser att det är extremt viktigt att vara ute i god tid med planerna både för att kunna få ut så mycket som möjligt av en så lätt som möjligt konstruktion samt för att se till att den önskade vegetationen är möjlig. Vid konstruktion av ett semi-intensivt eller intensivt tak med träd på låga växtbäddar kan det enligt Bellan behövas två års förberedelse. Tas det inte tid för denna sortens förberedelse kan det sluta med att den önskade vegetationen inte passar in och det måste göras en ny plan över vegetationen. Därför är det viktigt att komma ihåg att det gröna taket blir en del av bebyggelse inte en separat konstruktion. Ju tidigare gröna tak är en del av diskussion desto mer avancerade och anpassade gröna tak kan produceras.

För att återgå till andra kapitlet och Fassbinder (2011) som uppmanade läsaren att förändra och gestalta utifrån nytt perspektiv samt ta i anspråk städernas outnyttjade hårdgjorda ytor. Låt befolkningen ta taken i anspråk och varför inte skapa en grön oas där uppe. Glöm däremot inte bort vikten av kommunikation om framtidsvisionen. Ska städerna se fungerande gröna tak i framtiden, på ny samt befintlig bebyggelse, måste framtidsvisionen över takets användning vara bestämd och utifrån det finns pelarna som tar konstruktionen av ett grönt tak ett steg närmre det slutgiltiga målet. När det skapas gröna tak skapas de för människan. Glöm inte att dessa miljöer skapas med hjälp av vegetationen och det minsta vi som planerare, arkitekter eller konstruktörer kan göra är se till att inte underdimensionera eller spara in på sådant som vegetationen behöver. Vi placerar dem i en stressig miljö men låt oss göra den miljö så bra som möjligt som tack för den hårdgjorda yta de minskar på och ser till att grönska egentligen är allt runt omkring.

---

<sup>8</sup> Patrick Bellan, rådgivare Stångby Plantskola, intervju 2017-04-25

# Källförteckning

- Boverket (2010) *Mångfunktionella ytor – Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur*. Karlskrona: Internt Boverket.  
Tillgänglig: [http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella\\_ytor.pdf](http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella_ytor.pdf) [2017-03-30]
- Boverket (2016-11-13) *Bostadsbyggandet fortsätter att öka*  
Tillgänglig: <http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsplanering/bostadsmarknaden/indikatorer-for-bostadsbyggande/> [2017-03-31]
- Emilsson, T. (2005) *Extensive vegetated roofs in Sweden – Establishment, development and environmental quality*. Diss. Sveriges lantbruksuniversitet, Sverige. Uppsala: Univ.
- Fassbinder, H. (2011). Se staden som natur. *Movium*, (2).  
Tillgänglig: <http://www.movium.slu.se/produkter-amp-tjanster/movium-magasin?article=se-staden-som-natur&page=8> [2017-03-29]
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (2002). *Guideline for the Planning, execution and upkeep of green-roof sites*. Bonn: FLL
- Gard, C. (2012). Grönytefaktor - ett verktyg för en grönare stad?  
Kandidatexamensarbete, Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet. Alnarp: Universitetet  
Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-1451> [2017-03-30]
- Green Roof Technology (2017a) *Green roof types*  
Tillgänglig: <http://www.greenrooftechology.com/green-roof-types> [2017-04-12]
- Green Roof Technology (2017b) *Extensive green roofs*  
Tillgänglig: <http://www.greenrooftechology.com/extensive-green-roof> [2017-04-12]
- Green Roof Technology (2017c) *Intensive green roofs*  
Tillgänglig: <http://www.greenrooftechology.com/intensive-green-roof> [2017-04-12]
- Green Roof Technology (2017d) *Semi intensive green roofs*  
Tillgänglig: <http://www.greenrooftechology.com/semi-intensive-green-roof> [2017-04-12]
- Groundwork Sheffield (2011) *The GRO green roof code*. Sheffield: Groundwork Sheffield,  
Tillgänglig: <http://www.thegreenroofcentre.co.uk/Library/Default/Documents/GRO%20ONLINE.pdf> [2014-04-19]

- Jansson, M. (2013). Hela staden – argument för en grönblå stadsbyggnad. *Stad & Land*. (183), ss. 10–48  
Tillgänglig: <http://www.movium.slu.se/system/files/news/9265/files/helastaden-1.pdf> [2017-03-30]
- Liu, W., Chen, W., Peng, C. (2014). Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: A community scale study. *Ecological Modelling*, 291, ss. 6–14.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.07.012>
- Malmö Stad (2010–06). *Så förtätar vi Malmö!* (Dialog-pm 2010:2) Malmö stadsbyggnadskontor.  
Tillgänglig:  
<http://malmo.se/download/18.1c002f7b12a6486c372800012053/Fortatning-Dialog+PM.pdf> [2017-03-30]
- Moström, J. & Svanström, S. (2015). *Grönytor och grönområden i tätorter 2010* (Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden MI 12 SM 1501). Statistiska centralbyrån.  
Tillgänglig:  
[http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0805/2010A01/MI0805\\_2010A01\\_SM\\_MI12SM1501.pdf](http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0805/2010A01/MI0805_2010A01_SM_MI12SM1501.pdf) [2017-03-30]
- Naturskyddsföreningen (2016-02-04) *Faktablad: Klimatförändringarna*  
Tillgänglig: <http://www.naturskyddsforeningen.se/skola/energifallet/faktablad-klimatforandringarna> [2017-03-31]
- Naturskyddsföreningen (2017-02-27) *Faktablad: Växthuseffekten*  
Tillgänglig: <http://www.naturskyddsforeningen.se/skola/energifallet/faktablad-vaxthuseffekten> [2017-03-31]
- Peck, S. & Kuhn, M. (2003) *Design guidelines for green roofs*. Toronto: Ontario Association of Architect. Ottawa: CMHC.  
Tillgänglig: <https://www.eugene-or.gov/DocumentView.aspx?DID=1049> [2017-04-14]
- Pettersson Skog, A., Malmberg, J., Emilsson, T., Jägerhök, T., Capener, C. (2017) *Växtbädd och Vegetation, Grönatakhåndboken*  
Tillgänglig: <http://gronatakhandboken.se/module/las-online/vaxtbadd-och-vegetation/main> [2017-04-07]
- SMHI (2017-03-20) *Extrem punktnederbörd*  
Tillgänglig: <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/extrem-punktnederbord-1.23041> [2017-03-31]
- State of Victoria, through the VAS Partnership, the Inner Melbourne Action Plan and the University of Melbourne (2014) *Growing Green Guide: A guide to green roofs, walls and facades in Melbourne and Victoria, Australia*.  
Tillgänglig: <http://www.growinggreenguide.org/technical-guide/> [2017-04-12]

- Weiler, S. & Scholz-Barth, K. (2009) Green roof systems: a guide to the planning, design and construction of landscapes over structure. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Zimmermann, A. (red.) (2009). *Constructing Landscape – Materials, techniques, structural components* Basel: Birkhäuser Verlag AG

## Foto och illustrationer

- Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent
  - Foto [2016-06-15] Ett intensivt tak med buskage, fältskikt samt klätterväxter på Universitetsbibliotek i Warszawa, Polen.
  - Foto [2017-04-25] Med airpots kan trädet planteras i tunnare växtbäddar.
  - Illustration [2017-05-21] Gruppering av minsta och största möjligt växtbäddsdjup.
  - Illustration [2017-05-21] Lageruppbyggnad av ett grönt tak.
  - Illustration [2017-05-21] Sedum och mossor klarar växtbäddsdjup mellan 3 och 8 cm.
  - Illustration [2017-05-21] Fältskikt är vanligt på ett semi-intensivt tak. Deras djup varierar mellan 6 och 20 cm.
  - Illustration [2017-05-21] Förankring av rotklump med betongrör.
  - Illustration [2017-05-21] Förankring av rotklump med spännband och slippers.
  - Illustration [2017-05-21] Buskar kan finnas på semi-intensiva samt intensiva tak med djup mellan 12 och 70 cm.
  - Illustration [2017-05-21] Träd är de som behöver djupast växtbäddar, mellan 60 och 200 cm.
- Flickr [online] sökord: ACROS Fukuoka, [2017-05-02]. Foto: Kenta Mabuchi, 2011-07-10, CC BY-SA 2.0  
Tillgänglig: <https://www.flickr.com/photos/kentamabuchi/5920306109/>
- Flickr [online] sökord: green roof, [2017-05-02]. Foto: Ryan Somma, 1980-01-01, CC BY-SA 2.0  
Tillgänglig: <https://www.flickr.com/photos/ideonex/4202003130>
- Landskapsgruppen Öresund [2017-04-21] publicerat med tillåtelse av Sofie Hultenberg från Landskapsgruppen Öresund.
- Pixabay [online] sökord: bark, [2017-05-20]. Foto: Slymart35, 2016-02-12, CC0  
Tillgänglig: <https://pixabay.com/sv/bark-kompost-skogen-terreaux-1193980/>

- Wikimedia Commons [online] sökord: Green roof, [2017-05-02]. Foto: Sky Garden Ltd, 2010-11-02, CC BY-SA  
Tillgänglig: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:British\\_Horse\\_Society\\_Head\\_Quarters\\_and\\_Green\\_Roof.jpg?uselang=sv](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:British_Horse_Society_Head_Quarters_and_Green_Roof.jpg?uselang=sv)
- Wikimedia Commons [online] sökord: Leca, [2017-04-20]. Foto: Mexca, u.å., CC BY-SA  
Tillgänglig: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LECA\\_-\\_Aggregates\\_Granules.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LECA_-_Aggregates_Granules.jpg)
- Wikimedia Commons [online] sökord: Pumice, [2017-04-20]. Foto: Benjamint444, u.å., CC BY-SA  
Tillgänglig: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pumice\\_stone444.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pumice_stone444.jpg)

# Bilaga 1 – Temperaturskillnader på tak

Tabell skapad av Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent, efter data från Weiler och Scholz-Barth, 2009

	Ljusfärgat tak	Mörkfärgat tak	Modifierat bitumen tak	Syntetiskt gräs	8cm Grönt tak	10cm Grönt tak	Markyta
Utomhus							
6.00	30°C	50°C	40°C	31°C	29°C	29°C	30°C
14.00	34°C	45°C	42°C	32°C	30°C	30°C	34°C
18.00	28°C	38°C	36°C	30°C	29°C	29°C	28°C
Inomhus							
6.00	32°C	34°C	34°C	33°C	27°C	27°C	
14.00	34°C	38°C	36°C	35°C	28°C	28°C	
18.00	32°C	38°C	34°C	32°C	27°C	27°C	



## Bilaga 2 – Skillnad i dräneringsmaterial

Illustration och tabell skapad av Anna Angelin, landskapsarkitekturstudent, efter data från Green Roof Technology, 2017.

Typ	Substrat	Filt	Dränerande material	Dränerande modul	Torr last	Blöt last
	Intensivt	30cm	0.3cm	-	5cm	254kg/m2 415kg/m2
	Intensivt	23cm	0.3cm	15cm	-	337kg/m2 513kg/m2
	Intensivt	10cm	0.3cm	-	2.5cm	166kg/m2 278kg/m2
	Semi-intensivt	15cm	0.3cm	10cm	-	220kg/m2 342kg/m2
	Semi-intensivt	13cm	0.3cm	-	2.5cm	112kg/m2 181kg/m2
	Extensivt	10cm	0.3cm	5cm	-	136kg/m2 200kg/m2
	Extensivt	8cm	0.3cm	-	2.5cm	68kg/m2 112kg/m2
	Extensivt	5cm	0.3cm	5cm	-	93kg/m2 127kg/m2